ÜBER

SCHUSSWUNDEN.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

DIE WIRKUNGSWEISE

DER

MODERNEN KLEIN-GEWEHR-GESCHOSSE

VON

Prof. Dr. TH. KOCHER,
DIREKTOR DER CHIRURGISCHEN KLINIK IN BERN.



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1880.

DEM CHEF
DES EIDGENÖSSISCHEN MILITÄRDEPARTEMENTS

HERRN

BUNDESRATH OBERST HERTENSTEIN

UND DEM

OBERFELDARZTE DER EIDGENÖSSISCHEN ARMEE

HERRN OBERST DR. AD. ZIEGLER

IN DANKBARER HOCHACHTUNG ZUGEEIGNET

VOM

VERFASSER.

Inhaltsverzeichniss.

EINLEITUNG.

Mit der Umänderung der Schusswaffen im Laufe der Zeit hat die Theorie der Schussverletzungen wesentliche Abänderungen erfahren. Und doch werden auch in den neuesten Publicationen noch die älteren Theorien jeweilen zu Ehren gezogen. Wie man s. Z. die Wirkung eines Geschosses einer abgestumpften Lanze parallel gestellt hat, so fasst noch jetzt Bornhaupt[1]) in einer neuesten Mittheilung einen Theil der Knochenläsionen durch Geschosse als Keilwirkung auf. Wie A. Cooper so betrachtete nach seinen Experimenten Simon[2]) die Schusswunden wesentlich als kanalförmige Schnittwunden. Nach dieser Auffassung, wonach das Geschoss die getroffenen Gewebe vor sich hertreibt, könnte von einer Keilwirkung nach den Seiten hin nicht mehr die Rede sein. Immerhin könnte das Mitreissen der getroffenen, vor dem Geschoss sich aufstauenden Gewebe zur Erklärung dienen für die Erweiterung des Schusskanals nach dem Ausschuss hin, die schon nach Dupuytren und Pirogoff's Nachweisen den Durchmesser des Geschosses weit übertraf. Die neuesten Kriege haben aber Zerstörungen der Gewebe durch Schuss kennen gelehrt, deren Ausdehnung durch die Annahme einer Keilwirkung, sowie des Defectes durch Herausreissen und einer Vergrösserung desselben durch die mitgerissenen Theile keine Erklärung fand, vielmehr eine explosive Wirkung des Geschosses zu verlangen schien.

---

1) Bornhaupt, Ueber den Mechanismus der Schussfracturen der gr. Röhrenknochen. Langenbeck's Arch. 25. S. 617. 1880.

2) Simon, Ueber Schusswunden. Giessen. 1851.

Busch [1]) in Bonn hat besonderes Verdienst, durch zahlreiche Experimente diese Verhältnisse illustrirt zu haben und die Erklärung dafür gegeben oder angebahnt zu haben. Nach ihm haben ebenfalls auf experimentellem Wege Küster, dann Heppner und Garfinkel die Details dieser Seitenwirkung studirt und Richter hat in seiner „Chirurgie der Schussverletzungen" 1875 die neueren Ansichten kritisch gesichtet und abgeklärt.

Wir haben seit 1875 fast alljährlich Gelegenheit gehabt, Dank der Verwendung des eidgenössischen Oberfeldarztes Dr. Ziegler (früher Dr. Schnyder) und der Liberalität des eidgenössischen Militärdepartements, Schiessversuche zu machen, über welche wir unter 2 malen [2]) referirt haben.

Um die einzelnen, möglicherweise zur Erklärung der Seitenwirkung moderner Geschosse auf den Körper in Betracht kommenden Faktoren möglichst auseinander halten zu können, haben wir nicht blos, wie schon Dupuytren gethan, die verschiedenartigsten Ziele gewählt, sondern auch Geschosse und Schusswaffen nach allen Richtungen möglichst variirt.

Dadurch glauben wir endlich zu einer einheitlichen Erklärung der Seitenwirkung gekommen zu sein, sowohl für die harten als weichen Gewebe des menschlichen Körpers. Der Körper enthält keine ganz starren Gebilde: auch das sprödeste Gewebe, die Knochencorticalis, schliesst ein gewisses Quantum Flüssigkeit ein, so dass bis zu den weichsten, an Wasser sehr reichen Geweben, wie Gehirn eine Scala angenommen werden kann und dieser Scala von Mischung flüssiger und fester Antheile parallel geht Grad und Form der Seitenwirkung des Geschosses im Körper.

---

1) Busch, Verhandlungen des 2. Chir. Congresses in Berlin 1873. Langenbeck's Archiv. Bd. 17 u. 18.

2) s. Corr.-Blatt f. schweizer Aerzte. Basel 1875 u. 1879.

ERSTES KAPITEL.

Anordnung der Versuche. Schilderung des benutzten Geschossmaterials.

Um über die Wirkung der Geschosse bei verschiedener lebendiger Kraft ins Klare zu kommen, mussten die zwei Faktoren variirt werden, aus welchen sich jene Kraft zusammensetzt, nämlich die Geschwindigkeit und die Masse.

Verschiedene Geschwindigkeiten derselben Geschosse wurden durch Veränderungen der Distanzen erzielt, da uns Gelegenheit gegeben war, von 8 m bis auf 120 m Distanz zu schiessen. Diese Art des Schiessens ist aber der geringen Treffähigkeit wegen bei kleinen Zielpunkten höchlich unbequem und wurde deshalb wie von Heppner und Garfinkel zum grössten Theil durch Variation der Ladung ersetzt. Während beim Vetterli-Gewehr die Normalladung von 3,7 grm dem Geschoss eine Geschwindigkeit von 435 m mittheilt, resp. auf 8 m Distanz von 425 m, so hat das Geschoss auf letztere Distanz bei 1,36 Ladung eine Geschwindigkeit von 202 m, bei 1,18 Ladung von 176 m. Durch Variirung der Ladung waren wir in den Stand gesetzt, mit einer Geschwindigkeit von 150, 175, 200, 225, 250, 300 und 400—435 m zu schiessen.

Was die Abnahme der Geschwindigkeit mit Zunahme der Distanz anlangt, so hat es grosses Interesse, namentlich für den Vergleich der früheren Geschosswirkungen mit den modernen hierüber competente Angaben zu besitzen.

Nach den Versuchen des Herrn Schenker, Chef der eidgenössischen Munitionscontrole in Thun, lässt sich für das schweizerische Ordonnanzgewehr (Vetterli) die Abnahme der Geschwin-

digkeit bei zunehmender Distanz durch folgende Tabelle ausdrücken:

Distanz	von m	0	Geschwindigkeit	435	m
"	"	25	"	410	"
"	"	50	"	390	"
"	"	100	"	352	"
"	"	150	"	327	"
"	"	200	"	308	"
"	"	400	"	262	"
"	"	600	"	232	"
"	"	800	"	208	"
"	"	1000	"	187	"

Wir legen Werth auf Mittheilung dieser Tabelle, weil noch in neuesten Handbüchern die Rede davon ist, wie wenig auf die üblichen Distanzen bei den gegenwärtig gewaltigen Anfangsgeschwindigkeiten und der Rotation des Geschosses die Abnahme der Geschwindigkeit für die Intensität der Wirkung in Betracht komme. Die Tabelle lehrt das Gegentheil. Nach den Angaben von Oberst Gressly, Chefs der technischen Abtheilung des eidgenössischen Kriegsmaterials, besitzen die Vetterli-Gewehre eine Visireintheilung auf 1200 m, die der deutschen Armee auf 1600 m, die der französischen auf 1800 m. Im Durchschnitt werde auf 300—400 m Distanz geschossen und werde ein Einzelfeuer auf mehr als 600 m nahezu wirkungslos. Ein Massenfeuer aber könne auf 1500 m Distanz noch grossen Erfolg haben. Wenn nun schon bei 1000 m die Geschwindigkeit unter 200 m sinkt, so wird man auf die letzterwähnten Entfernungen Schussverletzungen erzielen, welche in nichts abweichen von den Verletzungen, welche man in früheren Jahrzehnten und Jahrhunderten zu sehen gewohnt war, als unter Verhältnissen geschossen wurde, welche eine viel geringere Geschwindigkeit der auftreffenden Kugel zur Folge haben mussten. Man hat also allen Grund, sehr scharf zwischen Nah- und Fernschüssen zu unterscheiden, sowohl in theoretischem Interesse, als ganz besonders zur Bestimmung von Prognose und Therapie der Schussverletzungen, wie unten des Ausführlicheren gezeigt werden soll.

In verschiedener Weise wurde die lebendige Kraft des Geschosses beeinflusst durch Abänderung der Masse resp. des spe-

cifischen Gewichtes und Volumens. Wir verwendeten Geschosse von

Blei, dessen spec. Gewicht	=	11,3
Kupfer, „ „ „	=	8,9
Eisen, „ „ „	=	7,7
Zinn, „ „ „	=	7,2
Aluminium	=	2,8

Bei derselben Grösse und Form wog das

Ordonnanz-Bleigeschoss	=	20,2	grm
Rosemetall	=	17,7	„
Kupfer	=	15,9	„
Zinnhohlgeschoss mit Holzfüllung	=	7,2	„
Aluminium	=	5,9	„

Durch diese bedeutenden Variationen im specifischen Gewicht lässt sich bei gleichbleibender Geschwindigkeit eruiren, welcher Antheil der Schusswirkung letzterer allein zukomme, während die erheblichen Veränderungen der lebendigen Kraft bei Ab- resp. Zunahme der Geschwindigkeit bei den specifisch leichten Metallen den Antheil bestimmen liessen, welcher der Masse und beiden Componenten der lebendigen Kraft zugeschrieben werden musste. Die erwähnten verschiedenen Metallsorten boten auch den Vortheil verschiedener Härte resp. Festigkeit. Während Blei einen Festigkeitscoeffieienten von 1,6 hat, ist derselbe bei Zinn 2,5, bei Kupfer 16,3.

Ferner mussten Metalle von verschiedener Schmelztemperatur gewählt werden und da kamen ausser den erwähnten noch die Legirungen in Frage, unter denen namentlich das Rose'sche Metall sehr ergiebig benutzt wurde, da dasselbe schon bei 65° schmilzt.

Zinn dagegen erst	bei	228°
Blei	„	325°
Kupfer	„	1090°
Aluminium . . .	„	1300°
Eisen	„	1600°

Endlich wurde durch Anwendung von Geschossen verschiedenen Volumens und Kalibers dafür gesorgt, die Bedeutung des Querschnittes und Querdurchmessers für die Wirkung bestimmen zu können.

Um die Geschosse aufzufangen, betrachten und ihr Gewicht bestimmen zu können, wurden Wergsäcke benutzt, in denen Weichblei bei der stärksten Geschwindigkeit ohne sich zu deformiren nicht weiter als 60—100 cm vordringt, je nachdem das Werg fester oder lockerer gepackt ist. Beiläufig gaben diese Schüsse in Werg auch einigen Anhaltspunkt über die Rotation des Geschosses in festen Körpern.

Aus Vetterliordonnanz mit Blei in Werg abgegebene Geschosse zeigen dasselbe so um das Geschoss gewickelt, dass man letzteres mit dem Knäuel des ersteren in Zusammenhang herausnehmen kann. Beim Abwickeln zeigt sich an der Oberfläche des Geschosses eine fest anhaftende Schicht von Werg spiralig und fest um die Kugel herumgedreht, so dass von der Spitze bis zur Basis der halbe Umfang des Geschosses umgeben ist und zwar mit einer Drehung im Sinne des Uhrzeigers bei Richtung der Spitze gegen den Beobachter. Bei Rundkugeln dagegen ist das Werg allerdings auch fest auf die Kugel angepresst, aber mit ziemlich paralleler Faserung. Die Innenschicht des unmittelbar anliegenden Werges ist etwas schwärzlich, glatt und glänzend (abgerieben). Der Spitze des Geschosses sitzt eine Partie Werg als festgepresster Deckel auf.

Aus diesen Wergschüssen ergibt sich, dass offenbar das Geschoss sich innerhalb des Wergs dreht, so dass die unmittelbar umgebende Schicht die Oberfläche stark reibt, daher glatt und geschwärzt erscheint. Dagegen theilt trotz der sehr guten Adhäsionsfläche, die das Werg der Oberfläche des Geschosses darbietet, letzteres dem ersteren nur eine höchst unbedeutende Rotation selber mit, so dass auf eine Länge von 25 mm des Geschosses das Werg nur eine halbe Spiraldrehung um dasselbe macht. Es ist daraus zu entnehmen, was man von den „Wirbeln“ der vom Geschoss direct berührten Körpergewebe und der daherigen Seitenwirkung zu halten hat, da z. B. Muskelfleisch dem Einbohren eines Stabes in dasselbe viel weniger Widerstand leistet als Werg.

Wir haben schon in unserer ersten Publication die Berechnung Forster's mitgetheilt, welche ergibt, dass die Centrifugalkraft, welche einem mitgerissenen Theilchen bei der Rotation des Geschosses mitgetheilt wird, sehr unbedeutend ist, indem nach

der Formel $C = P \frac{4 \pi^2 R}{g + 2}$ ein $^1/_4$ grm (P) schweres Theilchen blos $= 0,933$ sich bestimmen würde.

Wir kommen unten auf die Bedeutung der Rotation eingehender zu sprechen. Um sie zu bestimmen, wurden auch Schüsse mit Rundkugeln aus glattem Rohr in Vergleich gezogen bei den verschiedenen Zielen. Diese Rundkugeln zeigen keine bohrende Rotation, können sich allerdings überwerfen, aber die Differenz gegen cylindro-conische Geschosse bleibt immer eine principielle.

ZWEITES KAPITEL.

Die Bedeutung der Erhitzung und Schmelzung der Geschosse im menschlichen Körper.

In seiner trefflichen Kriegschirurgie zeigt E. Richter[1]), dass ungefähr bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts von einer Difformirung der Bleigeschosse im menschlichen Körper kaum die Rede ist, dass dann Le Drau, Bilguer, Percy schon sehr eingehend mit derselben und mit dem Absprengen von Bleistücken sich beschäftigen, bis in der neuesten Zeit Difformirung hochgradiger Art und Absprengen von Bleistücken geradezu zur Regel geworden ist.

Es scheint mir dabei unverkennbar, dass in den Schilderungen mit der Zunahme der Difformirung auch eine grosse Durchschlagskraft der Geschosse zu Tage tritt, was schon auf die Zunahme der lebendigen Kraft als bedingendes Moment der stärkeren Difformirung hinweisen musste.

Immerhin bestehen noch zur Stunde sehr erhebliche Controversen über die Ursache der erwähnten Erscheinungen. Es gibt noch eine Zahl von Kriegschirurgen, welche in der Difformirung und Zerstückelung nur eine „rein mechanische" Wirkung sehen wollen (so B. Beck), im Gegensatz zu der modernen Auffassung, welche die Ursache in der Erhitzung des Geschosses findet. Beide Anschauungen basiren auf der physikalischen Thatsache, dass bei grösserer Geschwindigkeit des auftreffenden Geschosses derselbe Widerstand eine plötzlichere Hemmung der Bewegung und daherige intensivere Umsetzung der Geschwindigkeit in physikalische Wirkung anderer Art zur Folge hat.

---

1) Chirurgie der Schussverletzungen. Breslau 1874.

In welchem Maasse selbst Flüssigkeiten eine Rückwirkung auf Geschosse auszuüben vermögen, welche mit ausserordentlicher lebendiger Kraft auftreffen, haben wir durch unsere in Kap. 3 zu schildernden Experimente mit den Schüssen in einen Badekasten bei variirender Geschwindigkeit zur Genüge dargethan, nachdem schon Socin und Hagenbach die Bedeutung selbst von Weichtheilen ins Licht gestellt hatten.

Mit Recht betont Richter, dass der Nachweis einer Erhitzung der Geschosse die allereinfachste Erklärung für den früher nicht beobachteten Difformirungsgrad und die Absprengung geben würde. Nun lehrt die Physik nicht nur die Möglichkeit, sondern die Nothwendigkeit einer Wärmeerzeugung bei plötzlich gehemmter Bewegung, aber — nur insofern nicht eine entsprechende mechanische Arbeit bei der Bewegungshemmung geleistet wird.[1] Darin liegt gerade der Haken, um das Gesetz von der Erhaltung der Kraft für die Erhitzung der Geschosse geltend zu machen, dass eine mechanische Arbeit geleistet wird, deren Grad sich sehr schwer bestimmen lässt, so dass man a priori nicht sagen kann, wie viel von der verlorenen Kraft nothwendig noch übrig bleiben muss zur Wärmeerzeugung. Es ist also auch hier die Entscheidung ganz auf das Experiment angewiesen.

Es ist nun sattsam erwiesen worden, dass bei höherer Widerstandskraft des Zieles allerdings hochgradige Erhitzung der Geschosse stattfindet. Richter gibt Mittheilung von Versuchen, die mit Artilleriegeschossen gegen Kalksteinmauern, gegen Panzerplatten ausgeführt wurden und wo durch Zufühlen die Erhitzung der Geschosse noch nach einer Stunde nachgewiesen werden konnte — insofern wenigstens das Geschoss eine Stauchung durch den Widerstand erfahren hatte. In andern Fällen erschien der Kalkstein wie gebrannt, zersprangen eiserne Vollkugeln unter Feuererscheinungen, oxydirten sich die Sprengstücke. Aber auch für Klein-

---

1) Wir lassen bei obigen Betrachtungen die Frage der Erhitzung des Geschosses durch die Pulvergase, durch die Reibung im Laufe und durch die Reibung an der Luft ganz ausser Acht, da nach unseren Versuchen das Fehlen der Erweichung der Geschosse bei herabgesetzter Geschwindigkeit (unter 200 m) zur Genüge und in einfacher Weise die relative Bedeutungslosigkeit obiger Momente darthut.

gewehrgeschosse ist die Erhitzung bei Auftreffen auf Eisenplatten nachgewiesen: Wir konnten in Bestätigung der Experimente von Socin und Hagenbach den Rest der Kugel bei solchen Experimenten noch sehr stark erwärmt vom Boden aufheben.[1]) Die Erfahrung, dass das Geschoss dabei mehr als die Hälfte an Gewicht verliert und dass abgespritztes Blei in Form eines weissen Sterns in grosser Ausdehnung auf der Eisenplatte zurückbleibt, dass man endlich kleinste Bleipartikel (beiläufig auch noch warm) vor der Scheibe aufheben kann, machen wir als Beweis einer Erhitzung noch nicht geltend, da das Alles von den Gegnern der Schmelztheorie gerade noch als rein mechanische Wirkung angesprochen wird. Und zum Theil mit Recht. Wir verweisen auch hier auf unsere Badkastenexperimente. Wenn man mit Vetterli-Ordonnanzgewehr auf kurze Distanz mit 435 m Geschwindigkeit in Wasser schiesst, so findet sich, wie wir zeigen werden, das Geschoss pilzförmig abgeplattet, die breite vordere Fläche schön glatt, kugelförmig und glänzend. Und doch zeigt ein Parallelversuch mit einem Schuss unter denselben Verhältnissen mit Rose-schem Metall, dass wenigstens von Schmelzung ganz und gar keine Rede dabei ist. Demgemäss sind auch die Angaben von Socin über „deutliche Schmelzerscheinungen“ an der Spitze von Geschossen, welche in Thiermagen stecken blieben, die mit Flüssigkeit gefüllt waren, zu modificiren. Socin hat einzelnen unserer Badkastenversuche selber beigewohnt und sich von der Richtigkeit unserer Angaben überzeugt.

Ganz ähnlich ist es mit dem „Ueberstülpen“ der hintern Geschosshälfte über die vordere, welche auch noch Richter als einen evidenten Beweis einer Erweichung des Bleies hervorhebt. Auch diese Difformirung lässt sich noch durch eine mechanische Auffassung erklären, denn bei Erhitzung ist ja gerade die hintere Parthie die festere, die vordere, welche aufschlägt, der weichere Theil.

Immerhin kann es als völlig sichergestellt betrachtet werden, dass bei Schuss auf Eisenplatten, Steinplatten (Bodynski) Erhitzung bis zur Schmelzung stattfindet. Damit ist nun freilich nicht

---

1) Vgl. unsere Publicationen im Corr.-Bl. f. schweizer Aerzte 1875 u. 1879.

gesagt, dass eine Erhitzung gar bis zur Schmelzung auch im menschlichen Körper vorkomme. Es gibt kein Gewebe in letzterem, welches fest genug wäre, ein modernes Geschoss in vollem Gange aufzuhalten, so dass man ohne Einschaltung eines weiteren Widerstandes hinter dem Körper die Kugel aufzufangen und die Erhitzung durch das Gefühl zu constatiren im Falle wäre. Die Geschosse bleiben, wie anderwärts gezeigt ist, nur stecken, wenn die Geschwindigkeit auf mehr als die Hälfte (unter 200 m) herabgesetzt ist, womit dann auch die Zeichen einer Erweichung des Bleies aufhören deutlich zu sein.

Es muss desshalb zur Erbringung des Nachweises, dass auch im menschlichen Körper Schmelzung vorkomme, ein anderer Weg gewählt werden. Derselbe ist in sehr glücklicher Weise von Busch betreten worden, indem er mittelst einer fallenden Eisenbirne Geschosse verschiedener Temperatur zerschlug. Busch gelangte durch diese Versuche zu der Behauptung, dass erst bei Erhitzung des Bleigeschosses bis nahe zum Schmelzpunkte durch mechanische Einwirkung ein Abspritzen kleinster Partikel zu erzielen sei. Die Wichtigkeit einer solchen Behauptung ist in die Augen springend.

Wenn wirklich Erhitzung bis zur Schmelzung nöthig ist, um ein Abspritzen kleinster Bleipartikel zu erzielen, so ist ja der Nachweis des Vorkommens solcher Spritzlinge bei Schuss auf den menschlichen Körper vollgültiger Beweis für Erhitzung der Geschosse bis zur Schmelzung.

Busch's Experimente haben den Erfolg zur Klärung der Anschauungen nicht gehabt, den sie verdienten. Der Grund hierfür liegt darin, dass Busch keine genauen Temperaturmessungen vornahm, sondern die Temperatur nur ungefähr abschätzte. Dies hat uns veranlasst, diese capitalen Experimente noch einmal in exacterer Weise zu wiederholen.

Wir liessen nach Busch's Vorgang eine Eisenkugel construiren, welche ein Gewicht von 2930 grm besass. Dieselbe fiel mittelst einer Vorrichtung aus einer Höhe von 2,24 m auf einen Ambos, auf welchen das Geschoss stehend sehr exact aufgelegt werden konnte, auf eine durch ein Kreuz bezeichnete Stelle.

Die Geschosse wurden nebenan in Paraffin resp. Oel erwärmt,

dessen Temperatur an einem Thermometer abgelesen wurde. Sobald dieselben die gewünschte Temperatur besassen, wurden sie mittelst einer sie im Oelbade festhaltenden Zange rasch auf den Ambos gesetzt und im gleichen Moment die Kugel zum Fallen gebracht. Natürlich ging stets etwas von der erreichten Temperatur durch den noch so rapiden Transport und Auflegen auf den nicht erhitzten Ambos verloren.

Die lebendige Kraft, mit welcher auf Grund obiger Zahlenangabe die Eisenkugel auf das Geschoss auffallen musste, betrug laut gütiger Berechnung durch Hrn. Prof. Forster = 6,5632 Kilogrammmeter.

Diese Versuche ergaben 2 bemerkenswerthe Resultate, welche zwar im Ganzen die Angaben von Busch bestätigen, aber sie doch in wesentlichen Punkten ergänzend modificiren. Wir konnten nämlich durch unsere genauere Vorrichtung es erreichen, Temperaturunterschiede von wenigen Graden zu controliren.

Wie zu erwarten stand, ergab sich mit zunehmender Temperatur des Geschosses eine stärkere Difformirung, welche allerdings sehr langsam zunahm, so dass die Zusammenpressung des aufrecht stehenden Geschosses, welche ohne Erwärmung über die halbe Länge betrug, bei Erhitzung auf 200 nahezu doppelt, bei Erhitzung auf 300 etwas mehr als doppelt so stark war, als bei Nichterwärmung. Mit der Verkürzung des Längendurchmessers wurde das Geschoss mehr und mehr in die Breite geschlagen.

Vergleichsweise liessen wir eine stärkere Gewalt in Form eines kräftig geschwungenen Schmiedehammers einwirken. Auch hier ergab sich derselbe Unterschied, nur in dem Maasse erheblich grösser, als schon das kalte Geschoss viel stärker breit gequetscht wurde und das erhitzte demgemäss zu einem dünnen Blatt von 6, 7 cm Durchmesser ausgedehnt werden konnte.

Die Erhitzung wurde nun stets um wenige Grade blos ansteigend, beim Weichblei bis auf 324, einmal sogar 327 getrieben und dabei constatirt, dass allerdings der Effect in Bezug auf Verkürzung des Längendurchmessers und auf Abplattung des Geschosses noch um ein Geringes vermehrt wird, dass man aber die Temperatur bis unmittelbar an den Schmelzpunkt heran

erhöhen kann, ohne dass ein einziges Partikelchen des Bleies losgesprengt wird.

Um mit Sicherheit zu constatiren, dass wirklich keine Absprengung stattgefunden habe, wurden die Geschosse gewogen und constatirt, dass die Schwankungen durchaus in den normalen Grenzen zwischen 20,0 und 20,3 sich bewegten. Ein Weichbleigeschoss auf 300° erhitzt und durch die Eisenkugel breit gequetscht, wog beispielsweise 20,27 grm; bei 315°: 20,013; bei 320: 20,21; bei 324°: 20,3 (Normalgewicht = 20,2).

Ganz anders war das Resultat, wenn die Erhitzung über den Schmelzpunkt hinaus fortgesetzt wurde. Dies geschah in der Weise, dass das Geschoss so lange in siedendes Oel eingetaucht erhalten wurde, bis oberflächlich Schmelzerscheinungen sich einstellten. Sobald das Oel in wirkliches Sieden geräth, wird nämlich die Messung unsicher, da dann das Thermometer sehr rapide bis auf 360° (das Ende der Scala bei unserm Thermometer) und darüber ansteigt.

Wenn bei dieser Ueberhitzung das Experiment rasch genug ausgeführt wurde, so fiel die Eisenkugel hell klingend auf den Ambos hinunter, wie wenn nichts auf demselben gelegen hätte. Während bei den früheren Experimenten das Bleigeschoss mit dumpfem Ton zusammengedrückt wurde, spritzten jetzt die Bleipartikel 3 und 4 m weit im Zimmer umher.

Ging bei der Ausführung des Experiments etwas Zeit verloren, so dass sich das Geschoss einigermassen abkühlen konnte, so spritzten nur eine geringere Zahl von Partikeln ab und das Hauptstück blieb auf dem Ambos liegen. Dasselbe zeigte das eigenthümliche Verhalten, wie B. Beck[1]) es beschrieben hat, an Kugeln oder Kugelstücken, welche aus dem menschlichen Körper extrahirt worden waren, nämlich eine parallele Streifung, glänzend mit irisirendem Farbenspiel an der Stelle des Auftreffens der Eisenkugel, namentlich wenn dieselbe etwas schräg aufgefallen war. Seitlich dagegen, wo Partikel abgesprengt worden waren, bestand der Glanz frisch gebrochenen Bleies und hier sowohl

---

1) B. Beck. Ueber Schussfracturen des Oberschenkels u. s. w. Langenbeck's Arch. Bd. 24.

als an den abgesprengten Stücken war von Schmelzungserscheinungen gar nichts wahrzunehmen, vielmehr war der Bruch ein exquisit körniger. Es ist auffällig, dass noch B. Beck wieder diesen Einwand geltend macht gegen das Abschmelzen von Blei im menschlichen Körper, dass nämlich die einzelnen Stücke gar nicht wie geschmolzenes Blei aussähen, während doch schon Busch in vollständig überzeugender Weise dargethan hat, dass das Aussehen nur von den äusseren Bedingungen abhängig ist, unter welchen die Schmelzung stattfindet. Auch Schädel macht den nämlichen Einwand, dass man nur rauhe Sprengflächen finde. Vollends zu verlangen, dass schmelzendes Blei Pulver entzünde oder dass man im menschlichen Körper Spuren von Verbrennung wahrnehmen müsste, ist ganz und gar ungerechtfertigt. Schmelzung findet ja nur am vordern Ende des Geschosses statt und die Berührung der erhitzten Partien mit den Geweben ist eine so momentane, dass Richter's Exemplificirung mit der Möglichkeit, ohne Schaden einen Finger durch eine Flamme zu führen, vollständig zutreffend ist. Man konnte auch bei unseren Versuchen, wo wir das Blei bis zur Schmelzung erhitzt hatten, ganz wohl die abspringenden Partikel einen Moment in die Hand nehmen, ohne eine Verbrennung zu riskiren. Wenn man geschmolzenes Blei direct auf weisses Papier ausgiesst, so kommt eine stärkere Verbrennung nur vor, wenn das Blei eine Zeit lang auf dem Papier liegen bleibt. Letzteres wird bräunlich und mürbe. Wo aber das Blei nur rasch über das Papier gegossen wird, da macht es nur an Stelle des ersten Auftreffens noch einen gelblichen Fleck, ohne dass das Papier mürbe wird, dagegen im Weiteren bleibt das Papier intact oder andeutungsweise gelblich gefärbt oder zeigt feine schwärzliche Streifung.

Wenn einmal das Bleigeschoss überhitzt ist, so dass man Sorge tragen muss, dass es nicht wirklich zur Schmelzung kommt, so ist es nun nicht wesentlich, ob eine stärkere oder geringere Gewalt einwirkt, wenigstens um überhaupt eine Absprengung kleinster Partikel zu erzielen. Wenn man das überhitzte Geschoss mit dem nur leicht erhobenen Schmiedehammer zusammenquetscht, so erhält man ein zierliches Bild einer mehr weniger sternförmigen Bleiplatte mit zahlreichen kleinen zum Theil ganz abgetrennten,

zum Theil noch in Zusammenhang gebliebenen Bleipartikelchen. Dem gegenüber wog ein nicht erwärmtes Bleigeschoss, welches mit aller Wucht des schweren Schmiedehammers zu einer dünnen Platte zusammengequetscht wurde (so stark wie Abplattungen nie im lebenden Körper vorkommen) immer seine normalen 20,2 grm.

Wir haben ganz dieselbe Reihe von Experimenten mit Hartbleigeschossen, wie sie gegenwärtig aus technischen Gründen in der schweizerischen Armee eingeführt sind, durchgeführt. Dieselben haben einen Zusatz von 0,5 Antimon zum Blei. Das Resultat war vollständig übereinstimmend. Bis zu 318^0 fand zunehmende Abplattung des Geschosses aber ohne irgend einen Gewichtsverlust statt: Bei 302^0 wurde das Gewicht auf 20,28 grm, bei 312 : 20,09 und bei 318 : 20,31 bestimmt. Bei höherer Erhitzung spritzte das Geschoss, ohne nennenswerthen Widerstand zu leisten, auseinander; noch viel exquisiter als bei Weichblei zeigten dabei die einzelnen Sprengpartikel einen körnigen Bruch mit reinem Bleiglanz.

Der Fortschritt, den unsere Experimente gegenüber denjenigen von Busch bezeichnen, scheint uns wesentlich darin zu liegen, dass mit Genauigkeit nachgewiesen ist, dass die blosse Erhitzung des Geschosses für das Absprengen einzelner Stücke ganz und gar keine Bedeutung hat, während Busch und nach ihm Richter geneigt sind, in dieser Beziehung gewissermaassen Concessionen zu machen und auch die nicht bis zum Schmelzpunkt gehende Erhitzung als wesentlich hinzustellen. Busch erklärt ausdrücklich, dass es da auf einige Grad mehr oder weniger für den Effekt nicht ankomme.

Küster nimmt eine starke Erwärmung, aber keine Schmelzung an, da er dafür hält, dass die Kugel schon durch mässige Hitzegrade an Cohäsionskraft verliere, was durchaus nicht der Fall ist.

Die Erhitzung hat durchaus nur eine Bedeutung für den Grad der Difformirung der Geschosse. Wenn man sich überzeugt, in welchem Maasse eine Bleikugel durch Plattschlagen mit einem Schmiedehammer erhitzt wird, so dass man sie momentan nicht in die Finger nehmen mag, so wird man ohne irgend einen Zweifel das Recht haben, die bedeutenden

Difformirungen der Geschosse, wie sie in der Neuzeit Regel sind, zum Theil auf die Erhitzung beim Auftreffen auf resistente Körpertheile zu beziehen, sobald erwiesen ist, dass selbst Schmelzung im menschlichen Körper beobachtet wird. Dass von einem stärker difformirten Geschosse leichter durch scharfe Kanten und Ecken Stücke abgerissen, gleichsam abgeschnitten werden oder sich selbst an denselben abschneiden, liegt auf der Hand und insofern hat allerdings auch die blosse Erhitzung ihren Antheil an dem Zustandekommen einer Vervielfältigung der Geschosstheile und an ausgedehnterer Verwundung.

Aber von Sprengstücken dabei zu reden in dem Sinne, als sei das Geschoss durch den blossen Anprall in kleinere Stücke zerfahren, ist ganz und gar nicht erlaubt. Ein solcher Zerfall kommt einzig durch Erhitzung des Geschosses bis zur Schmelzung (!) und über den Schmelzpunkt hinaus zu Stande.

Nach diesen Nachweisen ist man genöthigt, den Gewichtsverlust, den ein Geschoss bei Schuss auf eine Eisenplatte erleidet, sowie das Zustandekommen eines weissen Sternes auf der Eisenplatte und eine Aussaat kleinster, rundlicher Bleipartikel auf eine Schmelzung des Geschosses, nicht auf eine blosse Erhitzung unbestimmten Grades zu beziehen. Wenn es sich nachweisen lässt, dass ähnliche Absprengung kleinster Partikel auch im menschlichen Körper stattfindet, so ist die Frage nach einer Erhitzung bis zur Schmelzung definitiv erledigt. Der Nachweis ist nun geliefert worden. Busch[1]) hat mit Chassepot auf alte macerirte Schädel geschossen und gefunden, dass neben dem Auschusse die Innenwand des Schädels in ziemlich grosser Ausdehnung ganz bestäubt wird mit einem feinen, grauweissen Anfluge feinster Bleitröpfchen. Wir können für das Vetterli-Geschoss seine Angaben bestätigen und insofern erweitern, als wir das Geschoss hinter dem Ziele aufgefangen und einer genauen Wägung unterzogen haben. Das Gewicht betrug in 3 Fällen, wo auf 30 m Distanz auf 2 mit der Concavität einander zugekehrte und in einem Abstand von

1) Busch, Fortsetzung der Mittheilungen über Schussversuche. Langenbeck's Arch. 17.

14 cm befestigte Schädeldächer geschossen wurde, je 19,925, 19,95 und 19,75 grm. Bei einem Schuss auf einen ganzen macerirten Schädel betrug das Gewicht 19,777.

Wir haben vergleichsweise unter analogen Verhältnissen mit Rose'schem Metall auf doppelte Schädeldächer geschossen. Der grauweisse, glänzende Metallbeschlag feinster Metallpartikel auf der Innenseite des abgekehrten Schädeldachs zeigte sich in ungleich grösserer Ausdehnung als bei Blei, auch an den auseinander gesprengten Nähten. Um aber ins Klare zu kommen, für welche andere Knochen und in welchem Maasse eine Schmelzung angenommen werden müsse, haben wir folgende weitere Experimente angestellt:

a) Schüsse durch trockne Knochen. Die Geschosse werden hinter denselben in Wergsäcken aufgefangen. 30 m Distanz. Vetterli-Ordonnanz.

1. Oberschenkeldiaphyse wird in der Mitte gebrochen und gesplittert. Das Geschoss von Hartblei hat eine Länge von 16 mm (statt 25 der normalen), ist nicht so stark zusammengepresst, wie bei Auffallen der Eisenbirne auf ein nicht erhitztes Geschoss (s. oben). Gewicht 19,4.

2. Derselbe Schuss mit Weichblei. Geschoss 19 mm lang, weniger stark pilzförmig als das vorige. Das Werg haftet sehr fest an der Vorderfläche und ebenso eine Menge kleinster Knochensplitter. Die Vorderfläche des Geschosses ist unregelmässig körnig. Gewicht 19,9.

3. Hartblei durch den einen Condylus des Caput tibiae. Gewöhnlicher trichterförmiger Schusskanal. Geschoss am vorderen Ende verdickt, auf 23 mm verkürzt, vorne schön abgerundet. Gewicht 20,17.

4. Derselbe Schuss. Tibia noch feucht. Ausschuss grösser. Länge 23 mm. Difformirung mit Nr. 3 ganz übereinstimmend. Gewicht 20,23.

5. Derselbe Schuss mit Weichblei. Difformirung wie beim vorigen Schuss. Länge 23 mm. Gewicht 20,1.

6. Bei einem Schuss von Rose'schem Metallgeschoss auf trockene Oberschenkeldiaphyse zeigte dasselbe in Werg aufgefangen ein Gewicht von 10,06 gegenüber 17,73 der Normalen, hier war also viel exquisitere Abschmelzung zu Stande gekommen.

7. Vergleichsweise wog ein in ein Blechgefäss mit Kieselsteinen geschossenes Bleigeschoss (Weichblei) 19,83.

b) Schüsse auf feuchte Knochen, von den normalen Weichtheilen bedeckt, auf 8 m Distanz. Ordonnanzgewehr und Normalgeschwindigkeit.

α) Schüsse mit Rose-Metall.

Schuss durch die obere Tibiaepiphyse. Geschoss unverändert. Gewicht 17,07 (Normalgewicht 17,73).

Schuss durch den Humeruskopf. Geschoss unverändert. Gewicht 16,82.

Schuss auf den Kopf. Vorderes Ende defect, unregelmässig, körnig, höckerig. Gewicht 16,71. Länge 22 mm (Normallänge des Geschosses 25 mm).

Schuss auf die linke Femurdiaphyse. Vorderer Theil des Geschosses unregelmässig, abgebrochen. Hinterer Theil unverändert. Gewicht 11,56. Länge 16 mm.

Schuss auf die Vorderarmknochen. Geschoss 17 mm lang, aber auch von diesem Stück nur eine Hälfte vorhanden, ebenfalls unregelmässig, abgebrochen. Gewicht 7,75.

β) Schüsse mit Weichblei.

Schuss durch den rechten Humeruskopf. Vom Geschoss nur 1 cm des hinteren Endes in normaler Form erhalten, sonst pilzförmig abgeplattet und verbreitet. Gewicht 19,85.

Schuss durch die obere Tibiaepiphyse, dem Humeruskopfschuss fast völlig analog. Gewicht 19,96.

Schuss durch die Vorderarmknochen, pilzförmig wie der vorige, aber blos um 3 mm verkürzt. Gewicht 19,76.

Schuss durch das rechte Os ilei, wie der vorige.

Schuss durch die rechte Scapula, ebenso, aber Verkürzung um 12 mm.

Schuss auf die Femurdiaphyse. Gewicht 11,83. Es wird nur noch ein pilzförmiger Rest von der Kugel gefunden.

Schuss durch die Adductorenmasse. Gewicht 20,10. Veränderungen des Geschosses ganz wie bei Epiphysenschüssen.

Schuss durch eine Ochsenleber. Länge 21 mm mit Abplattung vorne. Gewicht 20,16.

Es findet also in Wirklichkeit eine Erhitzung des Bleigeschosses bis zur Schmelzung beim Auftreffen auf den menschlichen Körper statt.

Etwas ganz anderes aber ist die Frage, in wie weit durch diese Abschmelzung die Wirkung des Geschosses verstärkt wird, oder vollends ob durch dieselbe die erheblichen Zerstörungen der modernen Geschosse erklärt werden können?

Die Versuche lehren, dass Abschmelzung nur bei Auftreffen der Geschosse auf Knochen stattfindet und zwar bei feuchten Knochen sowohl bei spongiöser als corticaler Knochensubstanz, bei trockenen dagegen findet bei der Knochenspongiosa schon keine Abschmelzung mehr statt, blos noch eine Difformirung. Der Grad der Abschmelzung ist aber ein sehr geringer. Bei der frischen Knochenspongiosa beträgt er nur ein bis einige Decigramm. Bei der trockenen Knochencorticalis beträgt der Gewichtsverlust

ebenfalls blos wenige, im Maximum etwa 8 dgrm, dagegen scheint er bei feuchter Diaphyse nahe die Hälfte des Gewichtes betragen zu können. Doch ist das Resultat dieser Versuche mit Vorsicht aufzunehmen, indem gelegentlich grössere Bleistücke vorgefunden werden, welche also mechanisch abgerissen sein müssen und demgemäss auch für die Wirkungsweise abgebrochener Partikel in Staubformen nicht in Betracht fallen dürfen.

Die Abschmelzung beschränkt sich auf die Spitze des Geschosses, an welcher zumal bei Diaphysenschüssen und Schüssen auf Schädeldächer eine grössere Zahl feinster Knochenpartikel festhaften zum Beweise (den unsere gleich zu erwähnenden Schädelschüsse noch deutlicher illustriren), dass der Knochen an der Stelle des Auftreffens des Geschosses vollständig zermalmt wird.

Bei Weichtheilen (Muskeln, Leber) findet keine Abschmelzung von Blei selbst bei den stärksten jetzigen Geschwindigkeiten mehr statt. Wir haben auch mit Rose'schem Metall durch Weichtheile geschossen und uns überzeugt, dass selbst hier von einer Erhitzung bis zur Schmelzung keine Rede ist.

Nach diesen Nachweisen sind die Angaben von Richter und Busch zu berichtigen. Wenn letzterer Experimentator selbst bei Weichtheilschüssen abgeschmolzene Bleipartikel nachweisen zu können glaubt, so liegt dies an der unrichtigen Art des Auffangens der Kugel in einer Lehmwand, was er übrigens selbst hervorhebt und beklagt. Die Veränderungen, welche ein Bleigeschoss durch eine feuchte Lehmwand erfährt, sind viel zu bedeutend, als dass solche Versuche noch einen Schluss zuliessen über die in dem vorgehängten Körpertheil zugefügten Difformirungen und Temperaturdifferenzen; und in dieser Hinsicht halten wir die Methode des Auffangens des Geschosses in Wergsäcken, wie sie uns von Oberst Gressly mitgetheilt wurde, für einen reellen Fortschritt. Es lassen sich hier vollständig genaue Messungen des aufgefangenen Geschosses vornehmen und die Resultate sind oben mitgetheilt. Man wird nun sicherlich annehmen dürfen, dass selbst im günstigsten Falle der Abschmelzung, nämlich durch feste Corticalis, die Masse von etwa 3/4 grm Blei in ihrer Vertheilung auf zahlreiche Partikelchen keine grossartigen Zerstörungen werde hervorbringen können. Am besten lässt sich dies

aber immerhin entscheiden durch Vergleich der Wirkung gar nicht schmelzender mit schwerer oder leichter schmelzenden Geschossmetallen bei Knochencorticalis als Ziel. Wir haben mit Kupfer, Zinn, Blei und Rose-Metall, dann auch mit Blei bei herabgesetzter Geschwindigkeit gegen doppelte Schädeldächer und gegen Ober- und Unterschenkeldiaphysen geschossen und theilen einige exact ausgefallene Versuche hier mit, während andere an anderen Stellen ihre Verwerthung gefunden haben.

a) Schüsse mit Vetterli und Geschwindigkeit 410 m im Momente des Auftreffens auf doppelte Schädeldächer, mit der Concavität gegen einander befestigt und starkes Papier in der Mitte zwischen beiden eingeschoben.

1. Kupfer. Der Ein- und Ausschuss sind beide in der Grösse dem Durchmesser des Geschosses entsprechend, rund, mit radiären Fissuren. Das zwischengeklemmte Papier zeigt einen Defect, von dem aus bis 7 cm lange Risse gehen. Im Durchmesser von bis 12 cm rings um die Durchtrittsstelle des Geschosses finden sich zahlreiche grössere und kleinere Löcher mit abgewandten Rändern — offenbar nur durch die mitgerissenen zermalmten Knochenpartikel entstanden! Zahlreiche Knochenpartikelchen kleinster und etwas stärkerer Ausdehnung und kleine Papierschnitzelchen lassen sich in der Concavität des Schädeldaches sammeln.

Der Einschuss in einem Papier vorne dran entspricht der Kugel; in einem Papier hinten dran dagegen ist der Ausschuss rundlich von 2 cm Durchmesser, mit sehr zerfetzten Rändern, also viel grösser als der Ausschuss im Schädeldach, offenbar wegen der trichterförmigen Erweiterung der letzteren und dem Mitreissen des betreffenden Knochenstücks.

2. Zinnhohlgeschoss auf doppeltes Schädeldach. Hat etwas seitlich getroffen; es ist ein grosses Stück Knochen herausgesprengt und in den Nähten getrennt. Die Bruchstellen zeigen eine glänzende Metallbestäubung. Der Defect im zwischengeklemmten Papier ist viel grösser als bei Kupfer, doch weniger kleine Löcher rings herum. Das Papier zeigt eine grauliche Metallbestäubung (die bei Kupfer durchaus fehlt).

Am evidentesten ist der Unterschied in dem vor dem Schädel aufgehängten Papier. Dasselbe ist in grosser Ausdehnung unregelmässig zerrissen, zeigt graulichen Beschlag und zahlreiche kleine Löcher.

Auch die herausgerissenen kleinen Knochensplitter und Papierstückchen zeigen zum Theil graulich glänzenden Beschlag.

Ein abgerissenes, etwas grösseres Stück des Zinngeschosses liegt eingerollt in der Concavität des Schädeldaches; ausserdem mehrere bis hirsekorngrosse unregelmässige Metallpartikel und ein graulicher Sand.

3. Blei. Runder Einschuss von 1 cm Durchmesser, Ausschuss

von 1,3 cm mit trichterförmiger Erweiterung auf 2,4 cm an der äusseren Corticalis. Die Vitrea der Ausschussseite ist in einem Durchmesser von 4 cm schwarz bestäubt. Das zwischen beide Schädeldächer gespannte Papier zeigt einen unregelmässigen Riss von 3 auf 4 cm Durchmesser, mit zackig eingerissenen Rändern. Rings herum in ganz unregelmässiger Weise eine grosse Zahl kleiner Risse mit einzelnen schwarzen Spritzlingen auf der zugekehrten Seite des Papiers. Das in Werg aufgefangene Geschoss zeigt sich vorne etwas abgeplattet (Länge 20 mm); es haften daselbst einige Knochensplitterchen fest an. Gewicht des Geschosses = 19,925.

b) Schüsse auf trockene Oberschenkeldiaphysen.

1. Zinnhohlgeschoss. Geschwindigkeit 410 m. Diaphyse im unteren Drittel getroffen, noch $1/3$ des Umfangs der Diaphyse intact, nach der anderen Seite ein 6 cm langes Stück herausgeschlagen.

Ein vorne angebrachtes Papier zeigt einen dem Durchmesser des Geschosses entsprechenden Defect mit radiären Rissen, auf der nach dem Knochen gerichteten Seite nichts Auffälliges. Ein hinten angebrachtes Papier zeigt einen unregelmässigen Defcet von 2,5 auf 3 cm mit bis 7 cm langen radiären Rissen, deren Ränder in einer Breite von 1—2 cm theilweise schwarz bestäubt und von kleinen Löchern durchbohrt sind.

2. Kupfer (410 m) auf die nämliche Stelle macht einen ziemlich genau im Umfang übereinstimmenden Defeet im Knochen. Defeet im Papier vorne gleich wie bei Zinn, die radiären Risse etwas länger. Im Papier hinten ein sehr unregelmässiger Defect mit Rissen bis 3 cm lang und im Umkreis bis 4 cm Radius zahlreiche kleine Löcher — offenbar durch mitgerissene Knochenpartikel. Das hinterhalb in Werg aufgefangene Geschoss zeigt keine Aufrollung des Wergs wie bei directen Schüssen in solches. Das Geschoss ist bis auf eine ganz geringe Abflachung des vorderen Endes völlig intact.

3. Rose-Metall (410 m). Der Oberschenkel ist ganz fracturirt, der Einschuss nicht mehr zu erkennen, der Defect auf der Ausschussseite viel grösser.

Papier vorne zeigt ungefähr dieselben Verhältnisse wie bei Kupfer und Zinn, nur nach einer Seite sind weithin bis an den Rand des Papierbogens zahlreiche Löcher zu sehen. Papier hinten zeigt dagegen einen viel bedeutenderen Defect (5 auf 10 cm), die Ränder ganz zerfetzt, mit zahlreichen kleinen Löchern bis an den Rand des Papiers und einen grauschwarzen Beschlag im ganzen Bereich der kleinen Löcher.

Das in Werg hinterhalb aufgefangene Geschoss zeigt nur noch die hintersten 4 mm intact, hat noch eine Länge von 18 mm und ist vorne abgeschrägt, aber nicht verbreitert, so dass der grösste Theil des vorderen Endes fehlt. Die abgebrochenen Flächen sind glatt, aber durch scharfe Kanten getrennt. Vor und neben dem Geschoss finden sich hirsekorngrosse und kleinere unregelmässig kantige und eckige

Stückchen Metall im Werg. Letzteres haftet dem Hauptgeschoss sehr fest an.

Es ist nach den mitgetheilten Versuchen nicht zu bestreiten, dass bei leicht schmelzenden Metallen der Schusseffect um ein Bedeutendes vermehrt werden kann durch die auseinanderstäubenden Spritzlinge. Allein es ist nicht zu übersehen, dass nicht allen Spritzlingen eine sehr gewaltige Wucht innewohnt. Nur von etwas grösseren Partikeln wird ein Papier durchrissen, die feinsten Schmelzproducte schlagen sich selbst auf diesem nur als Bestäubung nieder. Von einem stärkeren Hinderniss, wie einer Schädelcorticalis, prallen sämmtliche Schmelzproducte ab und erscheinen als grauliche Bestäubung oder lassen sich als körniges Pulver vor demselben sammeln. Dadurch, dass gelegentlich die gegenüberliegende Schädelwand ganz auseinander gesprengt wird, darf man sich nicht beirren lassen; Controlversuche lehren, dass dieses Vorkommniss vielmehr, wie Bergmann richtig betont hat, von dem schrägen Auffallen des Geschosses abhängig ist und auch ohne jegliche Schmelzwirkung beobachtet wird. Wir haben es selbst bei herabgesetzter Geschwindigkeit (200 m) bei Bleigeschossen beobachtet, wo von Schmelzung ganz und gar keine Rede ist. Wenn man aber für Rose'sches Metall eine erhebliche Verstärkung der Seitenwirkung für wenig widerstandsfähige Gewebe des menschlichen Körpers zugeben muss, sowie noch für Zinn in geringerem Maasse, so ist es beim Blei, wie ersichtlich, schon ganz etwas Anderes. Hier ist der Unterschied zwischen der Wirkung eines Kupfergeschosses und eines Bleigeschosses auf das zwischengespannte oder hinter dem Ziele befestigte Papier viel geringer. Zur Zeit, als wir nur mit Blei schossen, waren wir ohne Weiteres der Ueberzeugung, dass die zahlreichen Löcher, welche ein zwischengeklemmtes Papier rings um die eigentliche Durchschussöffnung darbietet, von nichts anderem als von abgespritzten Bleipartikeln herrühren und also auf eine gewaltige Ausdehnung der Seitenwirkung durch Abschmelzung hinwiesen. Die Versuche mit Kupfergeschoss haben uns eines anderen belehrt. Auch hier findet man kaum weniger zahlreiche kleine Löcher neben der Hauptöffnung. Bei Kupfer kann laut Berechnung von Forster[1)]

1) s. unsere Mittheilung im Corr.-Bl. f. schweizer Aerzte 1879.

von Schmelzung keine Rede sein. Dies haben wir durch unsere Schüsse auch direct demonstrirt: durch das Herz, durch das Os ilii ging ein Kupfergeschoss mit stärkster Geschwindigkeit begabt, auf 8 m Distanz abgefeuert, ganz ohne Veränderung durch. Bei einem Schusse auf den Humeruskopf zeigte dasselbe am vorderen Ende einige Unregelmässigkeiten, aber selbst bei einem Schusse durch die feuchte Oberschenkeldiaphyse zeigte es blos eine Verkürzung von 24 mm durch geringe Abplattung der Spitze. Es können deshalb bei obigen Schädelschüssen nur mitgerissene Knochenpartikel aus der zermalmten erstgetroffenen Knochenpartie jene kleinen Oeffnungen bedingt haben.

Wir werden durch unten mitzutheilende vergleichende Schüsse mit Kupfer und Rose'schem Metall auf Bleiplatten zeigen, dass durch Schmelzung des Geschosses die Durchschlagskraft desselben wesentlich vermindert wird. Wenn wir deshalb bei obigen Versuchen eine verstärkte Wirkung bei Schmelzung sehen, so kann sich dieselbe nur auf die vermehrte Seitenwirkung beziehen. Wir werden später zu zeigen haben, dass durch Vermehrung der Berührungspunkte zwischen Geschoss und Ziel nothwendig die Durchschlagskraft ab-, die Seitenwirkung zunehmen muss. Warum sollte dies denn nicht auch bei derjenigen Vermehrung der Berührungspunkte der Fall sein, welche das Abspringen geschmolzener Partikel nach sich zieht? Im Gegentheil ist es eine nothwendige Forderung, dass mit dem Abspringen von Partikeln die Seitenwirkung eines Geschosses auch im Körper zunehme.

Aber im Gegensatz zu Busch können wir diese Vermehrung der Wirkung durchaus nicht in dem Sinne auffassen, als hätten die abgesprengten Partikel nun eine besonders intensive Wirkung, wie Busch sie in der Centrifugalkraft wegen der Rotation des Geschosses findet. Es soll unten gezeigt werden, dass die Werthe, welche Busch für diese Centrifugalkraft berechnet, in Wirklichkeit gar nicht so hoch sind. Andere zahlreiche vergleichende Experimente bei verschiedenem Ziele mit Kupfer und Rose-Metall zeigen ferner, dass man es durchaus nicht nöthig hat, die abspritzenden Metallpartikel mit einer besonderen Wucht ausgestattet zu denken. Vielmehr wird aus den unten folgenden Erörterungen hervorgehen, dass bei einer gewissen Geschwindigkeit des Ge-

schosses die getroffenen Theile einen Stoss erhalten, welcher nicht nur in der Richtung desselben, sondern allseitig sich in dem getroffenen Körper fortpflanzt.

Deshalb üben die kleinen zermalmten Knochenpartikel auf das zwischengespannte Papier dieselbe Wirkung aus, wie die paar Schmelzpartikel des Bleigeschosses. Das Geschoss theilt den Schmelzpartikeln keine andere und keine grössere Kraft mit, als es auch an die unmittelbar anstossenden Theile des Zieles überträgt, wenn es nicht schmilzt. Was demgemäss an verstärkter Wirkung bei Zinn und so evident bei Rose-Metall zu Tage tritt, beruht darauf, dass mit der Schmelzung die Zahl der Berührungspunkte zwischen Geschoss und Ziel wächst, dass gleichsam ein Geschoss von ungleich grösserem Volumen das Ziel trifft und es wird in Kapitel 6 ausgeführt werden, in welcher Weise mit Zunahme des Volumen die Durchschlagskraft ab-, aber die Seitenwirkung zunimmt.

Es ist sehr wichtig, hier zwischen der Auffassung von Busch und uns principiell zu unterscheiden, denn eben der Umstand, dass mit Zunahme der Seitenwirkung bei der Schmelzung eine Abnahme der Durchschlagskraft parallel geht, erklärt es, dass zwischen der Wirkung eines Kupfergeschosses und eines Bleigeschosses so wenig Unterschied besteht, obschon das Blei schon seines höhern specifischen Gewichtes und daher grösserer lebendiger Kraft wegen eine stärkere Wirkung in Aussicht stellt und obschon bei Kupfer von einer Vermehrung der Wirkung durch Abschmelzung keine Rede sein kann. Das Kupfergeschoss bewirkt eine stärkere Zermalmung des getroffenen Knochencorticalis und theilt diesen Knochenpartikeln die Kraft mit, welche das Bleigeschoss seinen Schmelzpartikeln mitgibt.

Wenn deshalb auch für gewisse Ziele und Geschosse eine erhebliche Vermehrung der Seitenwirkung durch Schmelzung sich nachweisen lässt, wie es die theoretische Forderung verlangt, so müssen wir doch sagen: Die Schmelzung hat bei den gegenwärtig üblichen Geschossen, also für Blei bei den gebräuchlichen Geschwindigkeiten keine grosse Bedeutung *für den menschlichen Körper:* sie kommt nur bei Knochen vor, ist bei Epiphysen sehr gering, bei Diaphysen

stärker, aber was durch dieselbe gerade hier an vermehrter Seitenwirkung gewonnen wird, geht durch die Verminderung der Durchschlagskraft wieder nahezu verloren.

Immerhin ist der Beitrag, welchen die Schmelzung zur Vermehrung der Seitenwirkung leistet, schon wegen des entgegengesetzten Einflusses auf die Durchschlagskraft nicht zu vernachlässigen. Und deshalb darf auch die blosse Erhitzung des Geschosses und die daherige stärkere Difformirung nicht ganz übersehen werden. Richter macht darauf aufmerksam und es muss gegenüber den Gegnern der Schmelzungstheorie betont werden, dass auch die blosse Erhitzung ohne Schmelzung ihre eigenartige Bedeutung hat. Freilich hat man gerade von Seite der Anhänger obiger Theorie diese beiden Faktoren am meisten vermischt. Nachdem von uns nachgewiesen ist, dass nur diejenige Temperaturerhöhung des Geschosses, welche den Schmelzpunkt erreicht oder darüber hinausgeht, ein Auseinanderfahren des Bleies in kleine Partikel zur Folge hat, wird hoffentlich insofern mehr Klarheit in die Sache kommen, dass man der Erhitzung — so nahe sie auch an den Schmelzpunkt herankommen mag — als allein mögliche Wirkung die der Difformirung des Geschosses zuweist. Und wenn dabei Stücke losgerissen werden, so handelt es sich um rein mechanische Wirkung von scharfen Kanten und Ecken auf die weichere Metallmasse.

Da aber die Thatsache des Vorkommens von Schmelzung im menschlichen Körper durch Busch's und unsere Versuche nachgewiesen ist, so wird kein Mensch mehr daran zweifeln dürfen, dass bei geringerer Wucht des Auftreffens eine Erhitzung stattfinden muss. Unsere Fallexperimente zeigen, dass mit der Erhitzung bei gleicher Gewalteinwirkung stärkere Difformirung erfolgt. In dem Maasse also, als die Form des Geschosses für den Effect von Bedeutung ist, hat auch die Erhitzung des Bleies beim Durchtritt durch den menschlichen Körper ihre bestimmte Wichtigkeit. Allein wie in Fällen nachgewiesener Schmelzung diese sich auf den vordersten Theil beschränkt und der übrige Theil des Geschosses selbst bei der festesten Corticalis des Oberschenkels nichts von Schmelzung zeigt, so wird man auch der Erhitzung nicht gar zu viel zuschreiben dürfen. Einen bedeutenden Einfluss

auf den Grad der Difformirung haben erst sehr hohe Temperaturen, wie bei Besprechung unserer Badkastenexperimente auseinandergesetzt ist. Nur beim Knochen also, wo die Schmelzung nachgewiesen ist, kann auch durch Erhitzung ein nennenswerther Einfluss auf die Difformirung zu Stande kommen. Für Flüssigkeiten dagegen, bei welchen trotz einer Geschwindigkeit von über 400 m beim Auftreffen selbst bei Rose-Metall keine Schmelzung stattfindet, hat die Erhitzung so viel wie keine Bedeutung für den Grad der Formveränderung und es ist durchaus gerechtfertigt, für Weichtheile der Temperaturerhöhung als Moment zur Erklärung der Difformirung keine nennenswerthe, für die Knochen nur eine geringe Bedeutung zu vindiciren.

Damit ist gar nicht ausgeschlossen, dass wir zugeben, ja beweisende Versuche beibringen werden (s. Kap. 3 die Badkastenversuche), dass bei den modernen Geschossen selbst bei Weichtheilen und Flüssigkeiten früher nicht gekannte Difformirung zu Stande kommt. Dieselbe ist aber auf mechanische Momente zurückzuführen.

DRITTES KAPITEL.

Die Bedeutung des Flüssigkeitsgehaltes der menschlichen Gewebe für die Geschosswirkung.

Wenn wir entfernt nicht so grosses Gewicht auf die Schmelzung und Erhitzung der Geschosse im menschlichen Körper legen können, wie die neuesten Vertreter der Schmelztheorie, unter denen Richter: Pirogoff, Socin, Busch, Fischer, Billroth, Vogl erwähnt, so finden wir für die explosionsartigen Wirkungen der Nahschüsse, für welche wir Busch's Experimente vollauf bestätigen konnten, eine andere Erklärung in der erst bei der Geschwindigkeit der neuern Gewehrgeschosse zu Tage getretenen hydrostatischen Druckwirkung.

Als einfachster Weg, diese Wirkung zu untersuchen erscheint der des Schiessens in grossere Quantitäten Wasser. Wir haben nach einer Anregung unseres Collegen v. Erlach hierzu einen Badkasten benutzt, dessen vordere Wand mittelst einer Schweinsblase resp. Kalbsfell verschlossen wurde. Die Schüsse wurden auf 30 m Distanz abgegeben und kamen mit einer durch Hrn. Schenker genau bestimmten Geschwindigkeit von 410 m am Ziele an.

Der Badkasten hatte eine Länge von 345 cm, Breite von 56 cm und Höhe von 61 cm. Bei den ersten Versuchen wurden starke Schweinsblasen, welche mittelst eines Eisenringes in der runden ausgesägten Oeffnung eingeklemmt wurden, zum Verschluss der vordern Wand verwendet. Da aber dieselben sehr oft zur Unzeit durch den Druck der Wassermasse einrissen, so wurde in den spätern Versuchen Kalbsfell (Trommelfell) zum Verschluss verwendet, das sich als sehr brauchbar erwies.

Die Schüsse wurden in der Richtung der Längsaxe des Badkastens abgegeben und nur diejenigen als gültig angenommen, bei denen das Geschoss bis zur Geschwindigkeit = 0 nur im Wasser vorgedrungen war.

Geschoss	Geschwindigkeit	Höhe unter Wasserspiegel	Zurückgelegter Weg	Lage mit Spitze vor- oder rückwärts	Difformirung (Verkürzung auf:)
	m	cm	cm		mm
Kupfer	410	34	256	schräg Sp. r.	keine
„	410	25	235	„	„
„	410	21	200	gerade	„
„	410	17	164	schräg Sp. v.	„
Weichblei . . .	410	32	110	gerade	14
„ . . .	410	28	115	„	14
„ . . .	410	17	130	„	14
Hartblei . . .	410	33	285	gerade	22
„ . . .	410	21	230	schräg	20
„ . . .	410	12	160	quer	16
„ . . .	410	7	160	„	16
Rose-Metall . .	410	37	235	gerade	keine
„ „ . .	410	22	182	Sp. r.	„
„ „ . .	410	15	310	gerade	„
Zinnhohlgeschoss	410	34	155	schräg Sp. r.	keine
„ „	410	27	178	quer	„
„ „	410	17	150	„	„
Kupfer	250	41	128	quer	keine
„	250	36	146	schräg Sp. v.	„
„	250	31	198	schräg Sp. r.	„
„	250	17	153	gerade	„
„	250	14	165	schräg Sp. r.	„
Zinnhohlgeschoss	250	33	78	schräg Sp. r.	keine
„ „	250	23	68	„	„
„ „	250	14	17	schräg Sp. v.	„
Weichblei . . .	250	29	230	—	24½
„ . . .	250	20	230	—	keine
„ . . .	250	19	305	—	„
„ . . .	250	18	289	—	„
Weichblei . . .	150	28	140	—	keine
„ . . .	150	11	310	—	„

Wenn man die in obiger Tabelle zusammengestellten Ergebnisse würdigen will, so muss man dem Hinweise Rechnung tragen, dass eine Reihe von Unregelmässigkeiten sich bei solchen

trotz aller Sorgfalt nicht physikalisch exacten Experimenten beimischen, welche die Uebersicht stören. Man thut deshalb wohl daran, nur die mit ganzer Evidenz zu Tage tretenden Ergebnisse zu verwerthen. Zu diesen gehören drei: die Abhängigkeit des Vordringens des Geschosses in Flüssigkeiten, d. h. der Durchschlagskraft zunächst von der Geschwindigkeit des Geschosses, dann von seinem specifischen Gewicht, endlich von seinem Volumen resp. Form und Formveränderung beim Auftreffen.

Man sollte a priori erwarten, dass bei verminderter Geschwindigkeit die Durchschlagskraft abnehme. Dies bestätigt denn auch die Tabelle im Allgemeinen, zumal für Kupfer- und Zinnhohlgeschosse ganz deutlich. Nur für Weichblei findet das gerade Gegentheil statt. Auch das specifische Gewicht des Geschosses steht in geradem Verhältniss zur Durchschlagskraft in Flüssigkeiten. Das viel leichtere Zinnhohlgeschoss dringt trotz derselben Geschwindigkeit ungleich weniger weit im Wasser vor als Blei und Kupfer. Rose-Metall dringt abwechselnd weiter und weniger weit vor als Kupfer, dieses weniger weit als Hartblei. Da demgemäss die Durchschlagskraft von 2 Factoren, aus welchen die lebendige Kraft des Geschosses sich zusammensetzt, in gleichem Sinne abhängig ist, so erklärt es sich, dass mit abnehmender Geschwindigkeit bei leichten Geschossen die Durchschlagskraft so ausserordentlich rapide fällt, wie beim Zinnhohlgeschoss.

Sehr bemerkenswerth ist nun das Weichblei für die Ausnahmsstellung, welche dasselbe einnimmt: Bei stärkerer Geschwindigkeit dringt es ganz erheblich weniger weit vor, als bei schwächerer Geschwindigkeit; dies ist aber nicht etwa in dem Sinne zu verstehen, als ob proportional der Abnahme der Geschwindigkeit das Vordringen des Geschosses sich steigere, vielmehr hängt der Grund ganz evident mit der Difformirung des Bleigeschosses über eine gewisse Grenze der Geschwindigkeit hinaus zusammen. Die Difformirung beginnt bei 250 m Geschwindigkeit und steigt aufwärts bedeutend an. Nach unten dagegen, d. h. mit Verminderung der Geschwindigkeit von dem Punkte weg, wo keine Difformirung eintritt, kommt die obenerwähnte Regel wieder zu ihrer Geltung, dass nämlich das Vordringen proportional der Verminderung der

Geschwindigkeit abnimmt. Da bei allen härteren Metallen die Difformirung wegfällt, so kann nur die Consistenz des Bleies massgebend sein für letztere, aber zu entscheiden bleibt allerdings die Frage, ob eine Erweichung des Bleies dabei durch Erhitzung stattfindet oder nicht. Dass von einer Schmelzung keine Rede sein kann, zeigt ohne Weiteres der Versuch mit Rose-Metall. Dieses zeigt gar keine Difformirung. Wenn Erhitzung in Frage kommt, so muss dieselbe also unter 66° betragen. Unsere Fallexperimente ergeben nun zur Entscheidung der Frage folgende Anhaltspunkte:

Wenn man aus einer Höhe von 2,24 m eine Eisenbirne von 2930 grm, laut früher angegebener Berechnung mit 6,56 Kilogrammmeter lebendiger Kraft auf ein aufrecht stehendes Weichbleigeschoss auffallen lässt, so wird dasselbe auf 9 mm verkürzt, bei Erwärmung auf 60° auf 9 mm, bei Erwärmung auf 155° auf 8 mm, bei 300° auf 6 mm, bei 315° auf 4 mm. Es ist also bei einer Erwärmung, welche unter 100° bleibt, die Mehrwirkung desselben durch dieselbe mechanische Gewalt eine sehr minime. Es kann also gar keine Rede davon sein, dass durch die blosse Erhitzung die hochgradige Difformirung des Weichblei gegenüber dem Hartblei erklärt wird. Ebensowenig ist aber die Differenz des Verhaltens zwischen Weichblei einerseits und Hartblei und den anderen Metallen andererseits einfach aus der verschiedenen mechanischen Einwirkung auf das Geschoss beim Anprall auf die Schweinsblase des Badkastens zu erklären. Laut unseren Fallexperimenten beträgt unter den oben geschilderten Verhältnissen die Verkürzung des Hartbleigeschosses bei Fallhöhe von 2,24 m: 10 mm gegen 9 bei Weichblei. Auch bei Erwärmung nimmt die Wirkung beiläufig bei Hartblei ebenso allmählich und erst in höheren Temperaturgraden rascher zu, wie beim Weichblei: Hartblei auf 30° erwärmt, verkürzt sich auf 10 mm, auf 200°: 8 mm, auf 312°: 5 mm. Weichblei auf 82° erwärmt zeigt eine Verkürzung auf 9½ mm, Hartblei auf 75°: 10½ mm. Bei Schüssen in den Badkasten blieben nicht nur die Kupfergeschosse, sondern Rose-Metall, Aluminium und Zinnhohlgeschosse bei einer Geschwindigkeit von 410 m ebenso vollkommen in ihrer Gestalt intact und wohl erhalten, als Blei bei einer unter 250 m liegenden Geschwindigkeit.

Lässt man dagegen aus 109 cm Höhe eine Eisenbirne auf Geschosse verschiedener Metalle fallen, so ergibt sich, dass bei dieser Gewalt ungefähr dieselbe Verkürzung für Weichblei zu Stande gebracht wird, wie wir sie für den Badkasten angegeben haben, nämlich:

für Weichblei . . . 15 mm Länge

Unter denselben Verhältnissen zeigte:

Hartblei	15 1/2	mm	Länge
Zinnhohlgeschoss .	15	"	"
Aluminium . . .	22	"	"
Kupfer	23 1/2	"	"

Selbst bei einer Fallhöhe von 58 cm, wo nicht erwärmtes Weichblei auf blos 17 mm verkürzt wird und Hartblei auf 18 mm, zeigt ein Kupfergeschoss noch eine sehr deutliche Abplattung (mit Verkürzung auf 24 mm).

Wenn es also nicht die Erhitzung und nicht die Abplattung im Momente des Anpralls sein kann, welche das ausnahmsweise Verhalten des Weichbleies erklärt, so bleibt nur übrig, die langsame Action der Wassersäule auf eine gewisse Strecke hin verantwortlich zu machen. Bei langsamer Action erklärt sich die hochgradige Differenz vollständig. Man ist im Stande durch einen genügenden nachhaltigen Druck eine bedeutende Difformirung des Bleies herbeizuführen, während ein solcher Druck an Kupfer, Aluminium u. s. w. gar nichts ändert. Damit stimmt die Art der Formveränderung ganz überein: In allen 3 oben angeführten Schüssen von Weichblei im Badkasten bei 410 m Geschwindigkeit beträgt die Verkürzung 14 mm, d. h. statt der normalen 25 mm hat das Geschoss noch eine Länge von 14 mm. Dabei ist der vordere Theil pilzförmig und zeigt eine halbkugelige, sehr regelmässige glatte Oberfläche. Das hintere Stück zeigt die normale Cylinderform. Vergleicht man das Verhalten der viel weiter vordringenden Bleigeschosse bei 250 m Geschwindigkeit und darunter, so ergibt sich in einzelnen Fällen bei 250 m noch eine Andeutung einer Abplattung mit Verkürzung auf 24 1/2 mm., bei geringerer Geschwindigkeit dagegen sind die Geschosse vollständig unverändert in ihrer Form.

Es schafft sich also das Geschoss bei einer gewissen Geschwindigkeit den Widerstand selber, weil es den Wassertheilchen zum Ausweichen keine Zeit lässt und dieser Widerstand, insofern er die Abplattung des Geschosses zu Stande bringt, hindert auch das Vordringen. Dass mit zunehmender Abplattung das Vordringen erschwert wird, ergibt der Vergleich der Weichblei- und Hartbleischüsse unter sich und mit Kupfergeschossen ohne Weiteres. Wir haben dasselbe auch durch den Vergleich des Verhaltens von Rundkugeln bestätigt gefunden. Eine solche aus glattem Rohr abgeschossen und mit 410 m Geschwindigkeit auftreffend, drang 147 cm weit vor (17 cm unter Wasserspiegel) und plattete sich so stark ab, dass sie nicht viel mehr als eine Halbkugel darstellte. Eine andere dagegen von derselben Dimension, welche erheblich weniger Abplattung erfuhr, drang (27 cm unter Wasserspiegel) 320 cm weit im Wasser vor. Hartblei zeigt ebenfalls eine Formveränderung, welche mit Verkürzung auf 22 bis auf 16 mm verbunden ist, aber dieselbe ist schon ganz anderer Art und viel mehr in Uebereinstimmung mit der Difformirung, wie man sie bei Fallexperimenten durch Einwirkung der Eisenbirne auf die Spitze des Geschosses erzielt. Bei allen bestand am vordern Ende eine einfache Abplattung mit glatter Concavität im Gegensatz zu der kugelförmigen Convexität des Weichblei mit der bedeutenden Verbreiterung und den pilzförmig zurückgekrempten Rändern. Es lässt sich also bei einer Verkürzung auf blos 22 mm wohl die Abplattung durch den Stoss beim Anprall auf die Schweinsblase erklären. Bei stärkerer Verkürzung wirkt der fortgehende Widerstand des Wassers zur Difformirung mit.

Mit dem Momente, wo der Widerstand des Wassers hoch genug ansteigt, um dem Weichblei eine Gestaltveränderung beizubringen, tritt nun ein Faktor deutlich in die Erscheinung, welchen wir bis jetzt ausser Acht gelassen haben, nämlich die hydrostatische Druckwirkung. Dieselbe macht sich in zwei Weisen geltend, einmal durch Zersprengen des Badkastens, dann durch gewaltiges Herausspritzen des Wassers aus dem Kasten. Die Kraft, mit welcher der Kasten auseinandergesprengt wird, ist so gross, dass wir zuletzt denselben mit eisernen Reifen binden lassen mussten, um die ungestörte Fortsetzung der Versuche zu

ermöglichen. Bei einem kürzeren Badkasten, den wir früher benutzten (s. unsere Publication Corrbl. f. schweiz. Aerzte) wurde der Kasten an beiden Enden, d. h. in ganzer Länge auseinander getrieben; bei dem längeren Kasten dagegen, dessen Maasse wir oben angegeben haben, beschränkte sich die Sprengung auf den näher liegenden Abschnitt derselben. Bei dem kleineren Badkasten war in Uebereinstimmung damit das Herausspritzen des Wassers in ganzer Länge, am stärksten aber am vorderen und hinteren Ende exquisit, so dass das Wasser als Douche aus einer Höhe von vielleicht 8—10′ wie ein Regen herabfiel. Bei dem längern Badkasten war das Spritzen nicht so stark, namentlich wurde beobachtet, dass es bei tief unter Wasserspiegel eindringenden Schüssen unbedeutend war.

Mit letzterer Bemerkung kommen wir auf einen Punkt, den wir bis jetzt unerörtert gelassen, nämlich auf die Beeinflussung der Länge des Vordringens des Geschosses durch die Höhe des Wasserspiegels, unter welcher das Geschoss eingeschlagen hat. Aus den Versuchen mit Kupfergeschossen scheint auffälligerweise hervorzugehen, dass, je tiefer ein Geschoss aufschlägt, um so weiter dasselbe vordringt — entgegen der Annahme, welche man a priori zu machen geneigt wäre. Denn der Widerstand muss ja in grösserer Tiefe unbedingt proportional der Höhe der Wassersäule zunehmen. Eine Erklärung für dieses eigenthümliche Vorkommniss wäre darin zu suchen, dass bei höherem Einschlag eine viel grössere wirkliche Arbeit durch Herausspritzen des Wassers geleistet und dadurch die Kraft des Geschosses abgeschwächt wird. Diese Auffassung würde das entgegengesetzte Verhalten bei Weichbleigeschossen erklären. Denn mit Abnahme der Kraft des Geschosses nimmt auch der Widerstand ab, welcher jenem eine Difformirung aufzunöthigen vermag; daher kommt bei höherem Einschlagen des Geschosses dieselbe Formveränderung erst nach Durchlaufen einer längeren Strecke zu Stande, als bei tieferem Einschlagen. Bei Hartblei dagegen ist das Verhältniss nicht wie bei Weichblei, vielmehr mit Kupfer übereinstimmend, weil die Difformirung nicht in dem Sinne einer erheblichen Breitezunahme des Geschosses geschieht, welche dem weiteren Vordringen bei Weichblei so hinderlich wird.

Immerhin ist auf die Uebereinstimmung aufmerksam zu machen, welche wir auch für Rundgeschosse hervorgehoben haben, dass auch diejenigen Hartbleigeschosse unverhältnissmässig weniger tief vordringen, welche die stärkste Difformirung erlitten haben. Es bleibt uns für die unten aufgeführten modificirten Versuche die Beantwortung der Frage übrig, in wie weit die Difformirung, welche der Durchschlagskraft so hinderlich ist, die Seitenwirkung d. h. für Flüssigkeiten die hydrostatische Wirkung verstärkt.

Vorläufig resumiren wir unsere Badkastenexperimente dahin:

1. Die Bleigeschosse der modernen Gewehre werden auch durch blosse Flüssigkeiten aufgehalten und difformirt.

2. Die Difformirung beruht nicht auf Erhitzung, sondern ist rein mechanische Wirkung.

3. Die Durchschlagskraft eines Geschosses in Flüssigkeiten ist proportional:

a) der Geschwindigkeit des Geschosses;

b) dem specifischen Gewicht des Geschosses;

c) umgekehrt proportional dem Querdurchmesser des Geschosses resp. der eine Vermehrung desselben bedingenden Difformirung.

Wir erwähnen anhangsweise, dass bei einem Schuss mit Vetterli-Ordonnanz auf 0,5 m Distanz in einen Seifenstock, unmittelbar nach Beseitigung des Seifenformkastens das Bleigeschoss 8,50 cm weit vordrang, eine exquisite Pilzform zeigte mit blos noch erhaltener Form des hinteren Endes. Die Länge des Geschosses betrug $12\frac{1}{2}$ mm, die Ränder waren etwas mehr umgebogen und abgerundet als bei Schüssen im Wasser. Das Geschoss erhielt ich durch die Güte des Hrn. Oberst Gressly zur Einsicht. Es gehört Hrn. Scherrer an.

Nachdem die Badkastenexperimente über Vorkommniss und Ursache der Difformirung der üblichen Bleigeschosse durch blosse Flüssigkeiten Aufschluss geliefert hatten und zugleich gezeigt, dass eine hydrostatische Druckwirkung eintritt, musste deren Bedeutung auf andere Weise festgestellt werden. Am zweckmässigsten haben sich uns die schon von Busch benutzten Einmachbüchsen aus dünnem Weissblech, mit Wasser gefüllt, herausgestellt. Dieselben sind in beliebigen Grössen leicht zu beschaffen und die hydrostatische Wirkung ist an ihnen sehr gut zu demonstriren.

Um gewisse Fehlerquellen hierbei auszumerzen, wurden auch 2 grosse Blechplatten benutzt, welche in Entfernungen von 5 und 10 cm in einen hölzernen Rahmen mittelst eiserner Schrauben eingespannt wurden, so dass der Zwischenraum ebenfalls mit Wasser gefüllt werden konnte.

a) Schüsse auf cylindrische Blechgefässe von 12 cm Durchmesser und 18 cm Höhe, oben offen, mit Wasser bis oben gefüllt.

Nr. 1. Ordonnanzgewehr, Blei 410 m Geschwindigkeit (beim Auftreffen). Einschuss wie beim leeren Blechgefäss, aber durch denselben hindurch das Gefäss vollständig aufgerissen und aufgeklappt. Ein zweiter Riss gegenüber.

Nr. 2. Glattes Rohr, bleierne Rundkugel: Geschwindigkeit 410. Runder Einschuss, dem Durchmesser der Kugel entsprechend, mit eingekrempten Rändern. Sehr unregelmässiger eckiger Ausschuss von 4 auf 7 cm Durchmesser. Das Gefäss ist durch die Mitte des Einschusses der Länge nach aufgerissen und ganz aufgeklappt, der Boden abgelöst.

Nr. 3. Glattes Rohr, Bleirundkugel, 410 Geschwindigkeit. Runder Einschuss. Ausschuss nicht zu erkennen. Durch den Einschuss hindurch das Gefäss vollkommen auseinandergerissen, in einer Ebene aufgeklappt.

Nr. 4. Glattes Rohr mit Bleirundkugel, 410 Geschwindigkeit. Einschuss direct über dem Boden des Gefässes. Boden abgesprengt, Längsriss bis zur halben Höhe des Gefässes aufwärts. Ausschuss von 9 cm Breite mit starker Umkrempung.

Nr. 5. Kupfer, 410 m Geschwindigkeit. Gefäss etwas unter der Mitte getroffen, deutlicher Einschuss der Grösse des Geschosses entsprechend, durch denselben das Gefäss in ganzer Höhe aufgerissen und aufgeklappt, Boden in halbem Umfang abgerissen. Ausschuss von 2,5 auf 5 cm Durchmesser mit aufgeworfenen Rändern.

Nr. 6. Ein Schuss mit Kupfer, 410 G., der weiter oben (im oberen Drittel) getroffen hat, hat den Boden intact gelassen, das Gefäss durch den Einschuss hindurch blos in etwa ³/₄ der Länge aufgerissen, weniger aufgeklappt.

Nr. 7. Rose; 410 Geschwindigkeit. Einschuss 4 cm unter der oberen Oeffnung. Oeffnung wie beim leeren Blechgefäss aber ein Längsriss bis zum unteren Viertel des Gefässes mit starker Ausbuchtung der Wand nach dem Schützen zu, deren höchster Punkt wiederum die Stelle des Eintritts der Kugel ist. Ausschuss von 3 auf 4 cm mit geringer Ausbuchtung der Wand.

Nr. 8. Zinnhohlgeschoss, 410 m. Gefäss unter der Mitte getroffen. Durch Intensität der Wirkung fast ganz übereinstimmender Effect wie bei Kupfer sowohl an Ein- als Ausschuss.

Nr. 9. Zwei Seitentreffer mit Zinnhohlgeschoss, 410 Ge-

schwindigkeit, haben in $^1/_2$ Handtellergrösse die zwischen Ein- und Ausschuss (in kürzester Entfernung) liegende Wandpartie herausgerissen resp. aufgeklappt.

Nr. 10. Zinnhohlgeschoss mit 410 Geschwindigkeit. Einschuss 4 cm unter dem oberen Rande des Gefässes, rund, von 13 mm Durchmesser, nach unten ein 4 cm langer Riss, etwas vorgebuchtet. Ausschuss 4 auf 7 cm Durchmesser, stark ausgekrempt.

Nr. 11. Zinn mit Holzfüllung, 410 G. Einschuss wie beim leeren Blechgefäss, 5 cm unter dem oberen Ende des Gefässes. Unregelmässiger Ausschuss von 4 cm Durchmesser. Blosse Andeutung einer Ausbuchtung der anstossenden Wand am Ein- und Ausschuss.

Nr. 12. Aluminium. Geschwindigkeit 410. Der Schuss ist 2 cm über dem Boden durchgedrungen. Einschuss vom Umfang des Geschosses. Durch denselben hindurch in halber Höhe des Gefässes ein Längsriss mit Rückwärtsbauchung der Wand. Ausschuss 3 auf 6 cm, unregelmässig; hier der Boden abgesprengt.

Nr. 13. Aluminium, 410 m Geschwindigkeit. Einschuss circa 5 cm über dem Boden. Durch denselben ist das Gefäss bis auf einen kleinen oberen Saum in ganzer Höhe aufgerissen, beim unteren Theil schon stark gegen den Schützen zu vorgebuchtet. Der gegenüberliegende Ausschuss hat 4 auf 7 Durchmesser, stark ausgekrempte Ränder.

Nr. 14. Aluminium, 410 G. Gefäss seitlich getroffen, in $^2/_5$ des Umfanges und in einer Höhe von 5 cm aufgerissen, ohne deutlichen Ausschuss mit blosser Andeutung eines Einschusses.

Nr. 15. Ordonnanz, Blei; 250 m Geschwindigkeit. Einschuss von 11 mm Durchmesser, etwas ovaler Ausschuss von 12 auf 20 mm. Keine Andeutung einer Seitenwirkung.

Nr. 16. Ordonnanz, 250 Geschwindigkeit. Ein- und Ausschuss wie beim leeren Gefäss. Geringe Verlängerung des Blechgefässes in der Richtung des Schusskanals. Der Einschuss findet sich aber nur 4 cm unter der oberen Oeffnung des Geschosses.

Nr. 17. Ordonnanz, Blei 150 m Geschwindigkeit. Einschuss etwas dreieckiger als bei Nr. 16. Das Blech mehr abgebogen als herausgerissen. Ausschuss nicht grösser als Einschuss.

Nr. 18. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Einschuss wie beim leeren Blechgefäss. Durch denselben hindurch ein Längsriss in $^3/_4$ der Höhe des Gefässes mit starker Ausbuchtung der Wand. Der höchste Punkt der Ausbuchtung entspricht dem Eintritt des Geschosses. Ausschuss von 3 auf 4 cm Durchmesser mit starker Auskrempung der Wand.

b) Schüsse auf zwei parallele grosse Blechplatten, mit wassererfülltem Zwischenraum.

α. bei 10 cm Abstand der Blechplatten.

Nr. 19. Kupfer, 410 m Geschwindigkeit. Einschuss genau der Grösse der Kugel entsprechend. Ausschuss mit ganz kleiner Ausbauchung der Wand, gerissen, etwa auf 2 cm Durchmesser.

Nr. 20. Rose, 410 m Geschwindigkeit. Einschuss dem Geschoss entsprechend, Blechwand ganz leicht rückwärts gebaucht. Gerissener Ausschuss von 2 auf 10 cm Durchmesser. Vorbauchung der Blechwand am Ausschuss stärker als bei Kupfer.

Nr. 21. Rose, Geschwindigkeit 410 m. Einschuss dem Umfang des Geschösses entsprechend. Unregelmässiger Ausschuss von $2^1/_2$ auf 7 cm Durchmesser. Wand in Ausdehnung einer Männerhand um den Ausschuss herum vorgebaucht.

Nr. 22. Aluminium, Geschwindigkeit 410. Etwas ovaler Einschuss, dem Querdurchmesser der Kugel entsprechend in kleinerem Durchmesser, mit unbedeutender Vorbauchung der anstossenden Wand. Ausschuss von $2^1/_2$ auf 9 cm mit ausgedehnterer Vorbauchung der Wand.

Nr. 23. Derselbe Schuss wie Nr. 21. Etwas ovaler Einschuss dem Durchmesser der Kugel entsprechend; ziemlich starke Vorbauchung der ganzen Wand rückwärts. Ausschuss von 3 auf 4 cm Durchmesser mit starker Ausbauchung der Wand in grosser Ausdehnung.

Nr. 24. Glattes Rohr, Blei, stärkste Geschwindigkeit. Grosser, runder Einschuss. Durchmesser denjenigen der Kugel um etwa 8 mm übertreffend. Die Blechwand im Bereich des Einschusses rückwärts ausgebaucht. Ausschuss ein Querriss, wie alle anderen, von circa 4 auf 15 cm Durchmesser, mit starker Ausbauchung der Wand ringsum. (Also offenbar ebenso grosse hydrostatische Wirkung wie bei gezogenem Rohr.)

Nr. 25. Blei, 200 m Geschwindigkeit. Einfacher Ein- und Ausschuss, letzterer etwas grösser als der Durchmesser der Kugel.

Nr. 26. Ordonnanz und Blei. Einschuss der Kugel entsprechend. Wand in ganzer Ausdehnung vorgebaucht. (Wirkung auf Wand ziemlich stärker, weil dieselbe ziemlich genau in der Mitte getroffen ist und nicht wie die anderen in der Nähe des festgehaltenen Randes.) Ausschuss circa $2^1/_2$ auf 5 cm Durchmesser, mit ausgedehnt radiären Rissen bis zum Rande der Blechplatten.

Nr. 27. Blei, glattes Rohr, 200 m Geschwindigkeit. Schön runder Einschuss, 4 mm grösser als Durchmesser der Kugel; Ausschuss unregelmässig, wenig grösser als der Einschuss. Unbedeutende Vorbauchung der Wand.

Nr. 28. Blei, Ordonnanz, 410 m Geschwindigkeit. Runder Einschuss von circa 15 mm Durchmesser; zwei lange davon ausstrahlende Querrisse bis zum Rand der Platte. Sehr starke Hervorbauchung der ganzen Wand nach Art eines Ofenthürchens. Ausschuss von 12—20 cm mit starker Vorbuchtung der ganzen Wand und erheblicher Umkrempung der Ränder.

Nr. 29. Kupfer, 410 Geschwindigkeit. Einschuss von circa 1 cm Durchmesser, mit zwei ganz kurzen Rissen, 1,5 cm nach den Seiten hin, mässiger Vorbauchung der ganzen Wand. Ausschuss von 4 auf 2 cm mit vier radiär ausstrahlenden Rissen, bis 5 cm lang und geringer Ausbuchtung der Wand.

β. Bei 5 cm Abstand der Blechplatten.

Nr. 30. Glattes Rohr, Blei-Rundkugel, 410 Geschwindigkeit. Runder Einschuss; Blechplatte durch denselben hindurch bis zu 10 cm weit nach den Seiten eingerissen, sehr stark rückwärts vorgebuchtet; ebenso die gegenüberliegende Wand, an der sich ein handgrosser Ausschuss mit Rissen bis an den Rand der Platte befindet.

Nr. 31. Aluminium, 410 Geschwindigkeit. Runder Einschuss von 13 mm Durchmesser, einzelnen Rissen bis 6 cm lang nach den Seiten hin, eine geringe Vorbuchtung der ganzen Wand. Halbhandtellergrosser Ausschuss, unregelmässig, mit drei kurzen Rissen nach den Seiten und ebenfalls geringer Ausbuchtung der ganzen Wand.

Nr. 32. Aluminium, 300 m Geschwindigkeit. Etwas unregelmässiger, im Ganzen runder Einschuss von 13 mm Durchmesser. Auf der Höhe eine ganz geringe Ausbuchtung der Wand. Ausschuss mit zwei unregelmässigen bis 5 cm langen Querrissen, ebenfalls eine Andeutung von Ausbuchtung.

Nr. 33. Blei, 200 m Geschwindigkeit. Runder Einschuss mit Defect von 1 cm Durchmesser. Unregelmässiger dreieckiger Ausschuss ohne weitergehende Risse, mit Umkrempung. Andeutungen einer Ausbuchtung nur in unmittelbarer Nähe.

Nr. 34. Glattes Rohr, Blei-Rundkugel, 200 m Geschwindigkeit. Einschuss von 2 cm Querdurchmesser, geringe Ausbuchtung um den Einschuss herum und andeutungsweise der ganzen Wand. Ausschuss mit zwei 8 cm langen Querrissen, blos Andeutungen der Ausbuchtung der Wand.

Nr. 35. Aluminium, 250 m Geschwindigkeit. Quereinschlag des Geschosses, entsprechende Form des Einschusses, etwas verbreitert. Etwas kleiner, gleichgeformter Ausschuss mit Umkrempung. Geringe Ausbuchtung der anstossenden Wand in einem Drittel ihrer Ausdehnung.

Nr. 36. Aluminium, 200 Geschwindigkeit. Exquisiter Quereinschlag der Kugel mit entsprechender Oeffnung in die Bleiplatte, zum grössten Theil durch Umkrempung entstanden. Unregelmässiger Ausschuss von 3 cm Durchmesser. In geringer Ausdehnung Andeutung einer Ausbuchtung.

Nr. 37. Blei, 175 m Geschwindigkeit. Unregelmässiger Einschuss, durch Umkrempung entstanden; nicht grösserer Ausschuss mit zwei kleinen Querrissen von 1 und 2 cm. Nur in einem Durchmesser von etwa 6 cm eine leichte Vorbuchtung der Wand am Ein- und Ausschuss.

Die Versuche mit wassergefüllten Blechgefässen lassen mehrere Schlüsse über die Wirkungsweise der modernen Geschosse zu. Zunächst ist ersichtlich die Abhängigkeit eines höheren Grades hydrostatischer Wirkung von der Geschwindigkeit, mit welcher das Geschoss einschlägt. Noch bei 200, ja

250⁰ m Geschwindigkeit ist die Art der Durchbohrung der beiden Wände des Blechgefässes nicht wesentlich abweichend von dem Verhalten eines leeren Gefässes. Ein- und Ausschuss entsprechen ungefähr dem Durchmesser der Kugel; der Ausschuss ist aber grösser und etwas unregelmässiger in Folge der Miteinwirkung des erstgetroffenen und herausgerissenen Blechstückes und der Formveränderung des Geschosses an seinem vorderen Ende. Von 250 ab bis zu der stärksten Geschwindigkeit von 410 m in unserem Versuche zunehmend zeigt sich dann die hydrostatische Wirkung und zwar zunächst in der erheblichen Vergrösserung der Ausschussöffnung. Die Wassertheilchen vermögen dem zu plötzlichen heftigen Stoss nicht mehr auszuweichen und werden zunächst noch in der Schussrichtung am intensivsten in Form eines gegen die Ausschussöffnung zu sich erweiternden Kegels mitgerissen. Wird der Stoss noch heftiger, so tritt die Richtung in den Hintergrund und es macht sich die Wirkung desselben allseitig geltend: das Absprengen des Bodens, das Heraasspritzen des Wassers in Meterhöhe und mehr zeigen die allseitige Mittheilung des Stosses an. Am exquisitesten aber wird dieselbe dargethan durch die Rückwirkung auf die erstgetroffene Wand. Diese wird durch den runden Einschuss hindurch mehr weniger weit aufgerissen und in toto rückwärts ausgebaucht. In den exquisitesten Fällen klappt das Gefäss so vollständig auseinander, dass seine Wände in eine Ebene zu liegen kommen.

Ein zweiter Nachweis zu Handen der Ursache dieser hydrostatischen Druckwirkung ist damit geliefert, dass wir dieselbe bei Rundkugeln aus glattem Rohr mit den rotirenden cylindro-konischen Geschossen der gezogenen Rohre verglichen haben. Es ergibt sich mit völliger Klarheit, dass die Wirkung der Rundkugel eine ebenso starke, ja entsprechend dem stärkeren Querdurchmesser der Kugel eine stärkere ist als bei der Spitzkugel. Auch für die Rundkugel tritt die hydrostatische Wirkung von ungefähr demselben Zeitpunkt an ein, wie bei der Spitzkugel, d. h. von 200 resp. 250 m Geschwindigkeit ab. Es ist also diese Wirkung von der Rotation der Geschosse unabhängig.

Eine dritte Beziehung, die des hydrostatischen Druckes zu dem specifischen Gewicht und damit zur lebendigen Kraft wird

durch unsere Experimente ins Licht gestellt. Specifisch sehr leichte Metalle, wie Aluminium, mit Holzstoff gefüllte Zinnhohlgeschosse haben keine wesentlich geringere Wirkung als die schwereren Metalle, d. h. der hydrostatische Druck ist von dem specifischen Gewicht, also von der Masse des Geschosses bei gleichem Volumen unabhängig. Es schwanken in dieser Hinsicht freilich die Ergebnisse; allein dieses Schwanken ist, wie ein genauer Vergleich lehrt, abhängig von der Höhe des Einschlagens des Geschosses in das Wassergefäss, so dass bei einzelnen Schüssen mit Aluminium und Zinn die Wirkung stärker ist, als bei Rose-Metall und Kupfer, in anderen Fällen umgekehrt. Nur bei Bleigeschossen ist die Wirkung durchweg eine etwas stärkere, bei cylindro-konischem Geschoss sowohl als bei Rundkugel. Wenn diese Nachwirkung laut Vergleich von Kupfer und Aluminium nicht abhängt von dem specifischen Gewicht, so muss sie in Beziehung gebracht werden zu der Difformirung des Geschosses. Hierfür spricht schon der Umstand, dass durchweg unter gleichen Umständen einschlagende Rundkugeln eine noch merklich grössere Zerreissung und Ausbauchung des Blechgefässes bewirken, als die Spitzkugeln — weil sie mit grösserem Querschnitt auftreffen, daher grösseren Widerstand finden und der daherige Mehrverlust an Geschwindigkeit sich in verstärkte Seitenwirkung umsetzt. Geschosse grösseren Volumens, resp. mit grösserem Querdurchmesser haben eine stärkere hydrostatische Wirkung. Die Versuche an festen Körpern müssen uns lehren, inwiefern auch bei solchen sich eine analoge Differenz zwischen weicheren und härteren Metallen findet.

Wenn für Gefässe von dünnem Blech von 250 m Geschwindigkeit ab eine Seitenwirkung im Sinne des hydrostatischen Druckes eintritt, unabhängig von Rotation und specifischem Gewicht des Geschosses, aber abhängig von der Form und insofern Consistenz und direct proportional der Geschwindigkeit derselben, so muss nunmehr gefragt werden: Was hat diese hydrostatische Wirkung für eine Bedeutung für den menschlichen Körper? Busch hat das Verdienst, auf diese Bedeutung zuerst hingewiesen und dieselbe durch sehr hübsche Versuche illustrirt zu haben. Allein Busch hat dem hydrostatischen Druck noch

einen viel zu geringen Werth vindicirt, indem er denselben nur anerkennt für Flüssigkeiten und flüssigkeitsreiche Gewebe, welche in Höhlen eingeschlossen sind, so für Gehirn und Knochenmark. Wir haben dagegen in unseren beiden früheren Publicationen den Beweis anzutreten versucht, dass bei sämmtlichen Weichtheilen des Körpers, mögen sie nun in feste Hülsen eingeschlossen sein oder nicht, die ausgedehnte Seitenwirkung der modernen Geschosse in dem hydrostatischen Druck ihre ausreichende Erklärung findet. Welch' gewaltigen Einfluss die Befeuchtung trockener Gewebe für Verstärkung der Wirkung hat, haben wir durch den Vergleich von Schüssen dargethan, welche auf Blechgefässe abgeschossen wurden, die bald mit trockner Watte, trocknem Sand, trocknem Sägemehl, fester Gelatinegallerte gefüllt waren, während bei der nächsten Serie die Watte, Sand, Sägemehl befeuchtet, frisches Pferdefleisch und eine dünne Gallerte zur Füllung benutzt wurden. Bei trocknem Material schlugen die Geschosse durch, machten einen ihrer Grösse entsprechenden Einschuss und etwas grösseren Ausschuss, entsprechend der Mitwirkung des mitgerissenen Ausfüllungsmaterials. Bei Befeuchtung dagegen wurde der Ausschuss sofort ganz bedeutend grösser, bis handtellergross; es traten Risse durch die Einschussöffnung auf; in den exquisiten Fällen wurde das Blechgefäss auseinander gerissen. Der feuchte Inhalt wurde heraus- und weit umhergeschleudert. Diese gewaltige Differenz der Wirkung bei trockner und feuchter Einfüllung trat aber auch hier nicht mehr ein, sobald die Geschwindigkeit des Geschosses auf 200 m und darunter verringert wurde.

Wir durften aus diesen Versuchen den Schluss ziehen, dass wie für reine Flüssigkeiten, so auch für flüssigkeitshaltige Gewebe, wie sie sich in den Weichtheilen des menschlichen Körpers finden, bei den jetzigen Geschossen eine hochgradige hydrostatische Druckwirkung zu Stande kommt. Diese Wirkung thut sich kund in Sprengung einschliessender starrer und fester Hülsen, ist daher — wie bereits Busch gezeigt hat — exquisit am Schädel und an den markhaltigen Knochen. Während der macerirte Schädel lochförmige Durchbohrungen mit Erweiterung nach der Ausschussseite zu zeigt,

wird der volle Schädel durch Chassepot- und Vetterli-Gewehr vollständig gesprengt, theils in den Nähten, theils in unregelmässiger Weise. Auch hier haben wir dargethan, dass diese Sprengwirkung von Schmelzung und von Rotation des Geschosses unabhängig ist.[1]) Wenn man den macerirten Schädel mit einer zugebundenen, wassererfüllten Schweinsblase auskleidet, oder mit Wasser füllt, während die Oeffnungen mit Gips verschlossen werden, so mag man eine Rundkugel aus glattem Rohr oder ein Kupfergeschoss oder das gewöhnliche Bleigeschoss aus gezogenem Rohr aus der Nähe darauf abfeuern: der Schädel springt in Stücke auseinander und die Sprengstücke werden in weitem Zerstreuungskreise in die Luft gejagt und auf den Boden umhergestreut, vorausgesetzt immer, dass mit der normalen Geschwindigkeit der modernen Geschosse gefeuert wird. Dasselbe gilt für die markhaltigen Diaphysen. Dieselben werden bei einer gewissen Geschwindigkeitshöhe der Geschosse auseinandergejagt in zahlreiche Stücke, die zum Theil mit zurückfliegen gegen den Schützen zu, während bei Entleerung der Markhöhle gar nicht selten ein wirklich reiner Lochschuss zu Stande kommt — immer mit viel weiterem Ausschuss als Einschuss — oder eine Fractur entsteht mit fortlaufenden Sprüngen in der Corticalis und dieser entsprechender geringerer Absplitterung (vgl. hierüber das Kapitel über Schüsse auf feste Körper).

Ganz andere Deutung hat das Verhalten der Weichtheile und auch der Knochenspongiosa selber gegenüber Geschossen stärkster Geschwindigkeit von Busch erfahren. Da auch hier eine gewaltig zerstörende Seitenwirkung unverkennbar ist, so glaubte Busch vorzüglich die Rotation der Geschosse verantwortlich machen zu sollen. Dagegen sind andere Autoren geneigt, selbst für die Weichtheile die Schmelzwirkung nicht gering anzuschlagen. So hält Richter[2]) auch diesen letzten wünschenswerthen Beweis für die Schmelzwirkung (durch Socin) geliefert, dass nämlich auch bei Weichtheilen dieselbe eintrete. Wir haben dem gegen-

1) Es ist andererorts hervorgehoben, dass der Grad der Sprengwirkung allerdings durch die Schmelzung eine Beeinflussung erfährt.

2) Chirurgie der Schussverletzungen I, 1. S. 108.

über den Beweis erbracht, dass jene Wirkung auf Weichtheile und Knochenspongiosa unabhängig von Schmelzung und von Rotation der Geschosse eintritt, da sie bei Kugeln aus glattem Rohr und bei Kupfergeschossen ebenso sich geltend macht, wie bei Blei und Rose-Metall. Gut gezielte Schüsse rissen frische Epiphysen der Tibia auseinander, klappten die dünne Corticalis auf oder, wenn Ein- und Ausschuss noch zu sehen war, zermalmten sie doch die zwischenliegende Spongiosa. Bei getrockneten Tibiae dagegen entstand ein trichterförmig sich erweiternder Lochschuss. Es sei nur darauf zurückgewiesen, dass eine Verstärkung der hydrostatischen Wirkung durch Erhitzung resp. Schmelzung insofern früher von uns zugegeben und erwiesen ist, als die Form des Geschosses dadurch beeinflusst wird.

Namentlich die Versuche, bei denen das Zersprengen der dünnen Corticalis der Epiphyse kein hochgradiges war, die Spongiosa dagegen zermalmt war, illustriren in sehr exquisiter Weise die hydrostatische Wirkung auf die Weichtheile selber, welche durch ihren Druck starre Hülsen zu sprengen vermögen. Es stimmte deshalb ganz mit unseren Erwartungen, auch an Muskel- und Leberschüssen die kolossalen Zerstörungen zu sehen. Ein besonders geeignetes Object war wegen ihres gleichmässigen körnigen Gefüges frische Ochsenleber. Hier zwei Versuche:

Nr. 38. Vetterli-Ordonnanz; Blei; 200 m Geschwindigkeit, macht in der Leber einen runden Schusskanal, dessen Durchmesser etwa doppelt so gross erscheint als der Durchmesser des Geschosses. Ausschuss etwas kleiner als Einschuss. Bei der flach auf den Tisch gelegten Leber erscheint der Einschuss in Form eines einfachen 5 cm langen Risses. Ausschuss ebenfalls gerissen in einer Länge von 3½ cm. Die anstossende Lebersubstanz unregelmässig eingerissen, aber nicht zermalmt.

Nr. 39. Vetterli-Ordonnanz; Blei; 410 m Geschwindigkeit, ergibt einen Einschuss so gross, dass man die Faust hineinlegen kann. Bei flach hingelegter Leber erscheint derselbe in Form eines unregelmässigen, sternförmigen Risses, dessen einzelne Risse eine Länge von 13 bis 16 cm besitzen. Der Ausschuss erscheint nicht in Form von Rissen, sondern hier ist in Grösse zweier Hände die Leber vollständig zermalmt. Grösse des Ausschusses 13 auf 20 cm. Die Lebersubstanz wird weit hinaus geschleudert, die Wände des Schusskanals sind breiig zermalmt und zwar in unregelmässige Buchten der Nachbarsubstanz herein.

Das aufgefangene Geschoss bot folgende Verhältnisse dar: Ab-

plattung des vorderen Endes mit Länge des ganzen Geschosses von 21 mm, Gewicht 20,16.

Wenn bei einer höheren Geschwindigkeit der Geschosse auch für diejenigen Flüssigkeiten respective flüssigkeitsreichen Gewebe, welche nicht in starre Hülsen eingeschlossen sind, eine gewaltige Seitenwirkung sich erweisen lässt, so werden wir — da ja die meisten Körpergewebe mehr weniger reich an Flüssigkeit sind, schon durch die enthaltenen Blutgefässe — die Berechtigung haben zu dem Ausspruch, dass die ausgedehnten Zerstörungen der modernen Projectile zu einem sehr grossen Theile auf hydrostatische Druckwirkung resp. hydraulische Pressung sich zurückführen lassen.

VIERTES KAPITEL.

Das Verhalten fester Gewebe zu der hochgradigen Vermehrung der lebendigen Kraft bei den modernen Geschossen.

Wir haben dargethan, dass bei Flüssigkeiten von einer gewissen Grenze der Geschwindigkeit aufwärts ein neuer Faktor in die Erscheinung tritt, nämlich der hydrostatische Seitendruck. Nicht als ob derselbe plötzlich bei Zunahme von 1 m Geschwindigkeit aufträte, während er vorher gar nicht bestand; vielmehr kommen palpable Folgen desselben für die uns beschäftigenden Ziele erst von einer gewissen Geschwindigkeitshöhe ab zu unserer Anschauung. Es fragt sich nun, ob für feste Körper wenigstens die Annahme zu Recht bestehen bleibt, dass mit Zunahme der Geschwindigkeit eines Geschosses sich der Effect um so mehr auf den getroffenen Theil concentrirt? Auch dieses ist nicht der Fall. Sicher aber lässt sich wie für die Flüssigkeiten, so für solide Körper darthun, dass die Zunahme der Geschwindigkeit der Geschosse von einem gewissen Punkte ab eine vermehrte Seitenwirkung zur Folge hat. Diesem Umstande ist bis jetzt noch weniger Beachtung geschenkt worden, als dem hydrostatischen Druck, obwohl schon mehrere Autoren, u. A. Busch die Aufmerksamkeit darauf gelenkt haben. Nach Busch hat schon Melsens einschlagende Experimente gemacht und eine Erklärung dafür gesucht. Es gibt kein Object, an welchem sich dieser Faktor so schön ad oculos demonstriren lässt, wie die Glasscheiben. Dieselben müssen aus zähem Glase gefertigt sein und werden behufs leichterer Handhabung eingerahmt. Wir wählten sie von einer

Grösse von 30 cm im Quadrat. Das Glas 3 mm dick, der Holzrahmen 3 cm breit.

Bis zur Stunde steht man noch allgemein unter der Vorstellung, dass ein Schuss à bout portant in einer Glasscheibe ein reines Loch ausschlägt und zwar um so reiner und der Geschossgrösse entsprechender, je stärker die Ladung. Diese Experimente sind nun allerdings leicht nachzumachen und sind namentlich bei altem Scheibenglas exquisit. Während bei matter Kugel, wie bei Steinwurf die Scheibe splittert und weitgehende Sprünge bekommt, reisst eine Pistolenkugel auf kurze Distanz gefeuert, ein schönes rundes Loch heraus. Ganz anders sind die Resultate der Schüsse auf Glasplatten mit Vetterli-Gewehr auf 30 m Distanz.

1. *Schüsse auf Glasscheiben.*

Nr. 1. Vetterli-Ordonnanz. Blei. Normalgeschwindigkeit (410 auf 30 m Distanz). Im vorgehängten Papier ein runder Defect. In der Glasscheibe ein Loch von 1 1/2 cm Durchmesser, nach dem Ausschuss durch concentrische Sprünge auf 3 1/2 cm trichterförmig erweitert. Zahlreiche kurze radiäre Sprünge sonnenartig rings herum und multiple zackige Sprünge bis an den Rand der Scheibe, durch viele Quersprünge verbunden.

Nr. 2. Ordonnanz. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Ein 1 cm im Durchmesser haltender Defect im Papier. Auf der Vorderseite kleiner, circa ebenso grosser Einschuss in der Glasscheibe. Zahlreiche radiär, unmittelbar umgebende und weiter ausstrahlende Sprünge wie bei Nr. 3, immerhin nicht so zahlreich und mit spärlicheren Querverbindungen.

Nr. 3. Ordonnanz. Rose. Normalgeschwindigkeit. Erzielt einen runden, wenig gezackten Defect von 2 cm Durchmesser am Einschuss. Trichterförmige Erweiterung am Ausschuss bis auf 4 cm. Diese Erweiterung des Schusskanals macht sich in Form concentrischer, ringförmiger Sprünge. Vom Defect aus gehen radienförmig kleine, 2—3 cm lange Sprünge nach allen Seiten hin und unregelmässige, zackige Sprünge durch ebenfalls zackige Quersprünge verbunden bis zum Rande der Scheibe. — Ein vorgehängtes Papier zeigt einen runden Defect von 1 cm Durchmesser. Keine Metallbestäubung in der Umgebung.

Nr. 4. Ordonnanz. Rose. Normalgeschwindigkeit. Einschuss dem Durchmesser des Geschosses entsprechend (11 mm) auf 3 cm treppenförmig concentrisch in Trichter erweitert, zahlreiche radiäre Strahlen; Sprünge bis an den Rand der Scheibe. Am vorgehängten Papier auf der der Glasscheibe zugewandten Seite ein schwarzer Anflug mit sternförmigen Ausläufern.

Nr. 5. *Ordonnanz. Blei.* 225 m *Geschwindigkeit.* Im vorgehängten Papier ein 1 cm im Durchmesser haltender Defect mit einem grösseren schwarzen Kreis um denselben, aus schwarzen Streifen gebildet, die bis an den Rand des Papieres hingehen. Im Glas ein unregelmässiger Defect von 1 $^1/_2$ cm im kleinsten Durchmesser, trichterförmiger Erweiterung allseitig bis auf 5 cm und einem halben Dutzend langen, zackigen Sprüngen bis zum Rand der Scheibe, nur an wenigen Stellen durch Quersprünge verbunden, ohne die Strahlensonne zahlreicher kurzer radiärer Sprünge.

Nr. 6. *Ordonnanz. Blei.* 200 m *Geschwindigkeit.* Im vorgehängten Papier ein runder Defect von 1 cm Durchmesser. Im Glas ein solcher von 15 mm, mit trichterförmiger Erweiterung nach dem Ausschuss, durch concentrische Absprengungen bis auf 33 mm. Zahlreiche, etwa 2 cm lange, radiäre Sprünge, vereinzelte etwas länger, der längste 8 cm.

Nr. 7. *Ordonnanz. Blei.* 150 m *Geschwindigkeit.* Im vorgehängten Papier ein runder Defect von 1 cm Durchmesser. Im Glas ein grosses rundes Loch von 5 cm Durchmesser, durch wenige concentrische Sprünge nach dem Ausschuss auf 7 cm sich erweiternd; nichts von den zahlreichen kurzen, sonnenartigen Sprüngen ringsherum, aber unregelmässig abstehend längere, zum Theil bis an den Rand der Scheibe gehende Sprünge ohne quere Verbindungen.

Nr. 8. *Ordonnanz. Blei.* 175 m *Geschwindigkeit.* Verhältnisse ähnlich wie bei Nr. 7. Etwas ovaler Defect von 4 auf 3,7 cm im Glas mit Erweiterung durch concentrische Sprünge auf 5 $^1/_2$ und 6 cm; einige unregelmässige lange Ausläufer.

Nr. 9. *Ordonnanz. Aluminium.* 250 m *Geschwindigkeit.* Verhältnisse analog wie bei Nr. 7; nur etwas zahlreichere Quersprünge, die zackigen Längssprünge verbindend. Die kleinen radiären Sprünge sonnenartig um das grosse Loch fehlen vollständig.

Nr. 10. *Ordonnanz. Aluminium.* 200 m *Geschwindigkeit.* Im Papier deutlich querer Einschlag, der Profilform der Kugel entsprechend. Nicht gar gut conservirt. Ovales Loch in der Glasplatte von ca. 3 $^1/_2$ auf 6 cm mit concentrischer, trichterförmiger Erweiterung und nicht sehr zahlreichen radiären Ausläufern. — Das *Geschoss* ist am vorderen Ende auf einer Seite mit Rinnen versehen, mit deutlichen Längsstreifungen.

Nr. 11. *Ordonnanz. Aluminium.* 150 m *Geschwindigkeit.* Das vorgelegte Papier zeigt exquisit den queren Einschlag des Geschosses. Das Glas zeigt ein grosses Loch, ca. 4 cm Durchmesser. Nur vereinzelte, aber lange Sprünge strahlen von demselben aus. Der Effect im Glas stimmt ziemlich genau überein mit Blei bei gleicher Geschwindigkeit, nur sind die Sprünge weniger zahlreich. Das *Geschoss* zeigt auf einer Seite am vorderen Ende eine Abflachung von 3 mm Durchmesser und rings concentrischen Streifen.

Aus unseren Schüssen auf Glasscheiben erhellt die Thatsache, dass auch für feste Körper bei einer gewissen höheren Geschwin-

digkeit des Geschosses eine intensivere Seitenwirkung auftritt. Bei stärkster Geschwindigkeit gehen von dem runden kleinen (der Geschossgrösse entsprechenden) Defect in der Scheibe zunächst sonnenartig dicht aneinander liegend sehr zahlreiche radiäre Sprünge aus von mehreren Centimeter Länge; ausserdem ziehen sich lange zackige Sprünge bis an den Rand der Scheibe und diese sind wieder durch zahlreiche quere Sprünge von ebenfalls sehr zackigem Verlaufe verbunden.

Bei Abnahme der Geschwindigkeit fallen zunächst dahin die kurzen radiären Ausläufer und die reichlichen zackigen Querverbindungen, während bis zu dem niedrigsten Grade wenig zackig verlaufende Sprünge bis gegen den Rand der Scheibe hinziehen.

In zweiter Linie wird mit Zunahme der Geschwindigkeit die Form des Defectes in der Glasscheibe eine andere. So ausgedehnt die Zerspaltung der Scheibe bis zum Rande sein mag bei stärkster Geschwindigkeit, so ist doch stets ein Defect in der Mitte vorhanden, dem Durchtritt des Geschosses entsprechend und bis auf 1 oder wenige mm dem Durchmesser desselben conform. Interessant ist die stark trichterförmige Erweiterung in der 3 mm dicken Glasplatte gegen den Ausschuss zu, welche in treppenartig concentrischen Absätzen sich macht und zwar sehr stark, so dass der Ausschuss auf den zwei- und dreifachen Durchmesser ansteigt.

Bei abnehmender Geschwindigkeit wird der Defect grösser und unregelmässiger, in seiner Form also von Form und Durchmesser des Geschosses unabhängiger. Gleichzeitig hört diese elegante Abstufung durch zahlreiche concentrische Sprünge nach dem Ausschuss zu auf und letzterer zeigt nicht die bedeutende Zunahme gegenüber dem Einschuss wie bei starker Geschwindigkeit.

Es bestätigt sich also die Annahme, dass mit zunehmender Geschwindigkeit ein um so schärferer und den Umfang des Geschosses conformerer Defect erzielt wird, aber es kommt als neues hinzu, dass trotzdem die Seitenwirkung proportional der Geschwindigkeit an Intensität wächst.

Wovon hängt nun diese verstärkte Seitenwirkung bei den festen Körpern ab? Es ist interessant zu sehen, wie bei einem Schuss gegen eine hängende Scheibe dieselbe oft gar keine wahr-

nehmbare Bewegung macht, so dass man meint, es sei fehlgeschossen, während ein Steinwurf sie sofort in Pendelbewegungen versetzt. Es geht daraus hervor, dass ein Steinwurf der Scheibe im Ganzen viel mehr von seiner Bewegung mittheilt, als ein Vetterli-Geschoss. Es wird dies daraus erklärt, dass die von der Kugel getroffenen Theilchen so rasch aus ihrem Zusammenhange herausgerissen werden, dass keine Zeit bleibt, ihre Bewegung den anstossenden Theilchen mitzutheilen. Die Form der mitgetheilten Bewegung, welche darauf beruht, dass die einwirkende Kraft den Festigkeitscoeffizienten des Ziels nicht oder nicht völlig zu überwinden vermag, bezeichnet man als Erschütterung, die also bei einem scharfen Schuss ausbleibt. Wenn in Folge solcher mitgetheilten Bewegung Sprünge entstehen, so werden dieselben als Commotionsfissuren unterschieden. Bei einem Pistolenschuss à bout portant, der ein fast reines Loch aus der Scheibe herausschlägt, fehlt also eine weitergehende Erschütterung. Aber warum splittert nun eine Scheibe in so ausgedehnter Weise bei einem Vetterli-Schuss in grösster Nähe, obschon hier die Geschwindigkeit des Durchtretens durch die Scheibe noch um ein hochgradiges vermehrt ist? Es tritt da offenbar wieder eine Art Erschütterung ein. Wir wagen es nicht zu entscheiden, ob diese Art Erschütterung mehr diesen Namen verdiene oder die erstere. Der Unterschied besteht darin, dass z. B. bei einem Steinwurfe die vom Stein getroffenen Theilchen in der Richtung des Wurfes weiter bewegt werden und auch die anstossenden Theilchen mit sich zerren. Es ist also mitgetheilte Bewegung in der Richtung des bewegten Körpers, welche schliesslich ein Zerbrechen der Scheibe in der Richtung grösserer Spaltbarkeit oder in den Linien, wo stärkere und schwächere Bewegung zusammenstossen, zur Folge hat. Bei dem Vetterli-Schuss dagegen ist eine Mitbewegung in der Richtung des durchtretenden Geschosses nicht zu beobachten. Es handelt sich vielmehr um eine von der Richtung der Kugel und des mitgerissenen Stücks der Scheibe unabhängige Wirkung nach den Seiten hin. Dieselbe kommt unter ganz analogen Verhältnissen zur Geltung, wie die hydraulische Pressung, nämlich bei enorm gesteigerter Geschwindigkeit, welche ein Ausweichen der getroffenen Theilchen nicht rasch genug

gestattet, die in der gegebenen gegenseitigen Stellung gleichsam überrascht werden. Wir halten es deshalb für angezeigt, ihr einen eigenen Namen beizulegen und sie damit vorläufig von der einfachen Erschütterung zu unterscheiden. Wir fassen diese Seitenwirkung bei festen Körpern unter dem Ausdruck der Sprengung zusammen mit der hydraulischen Pressung, wie sie bei Flüssigkeiten vorkommt. Unsere Experimente beweisen die Analogie des Vorkommens. Dass die Geschwindigkeit das Zustandekommen, und wesentlich, wenn auch nicht ausschliesslich, den Grad dieser Sprengung bewirkt, geht daraus hervor, dass dieselbe bei specifisch leichten Metallen ebenso wohl eintritt, wie bei schwereren.

Ganz wie bei Flüssigkeiten machen Geschosse von grösserem Querdurchmesser etwas stärkere Wirkung, so die grösseren Rundkugeln aus Blei, so Blei und Rose-Metall gegenüber Kupfer wegen ihrer Formveränderung, resp. Schmelzung. Busch erklärt, dass er mit Sicherheit den Grund für dieses merkwürdige Phänomen (einer vermehrten Seitenwirkung bei stärkerer Geschwindigkeit) nicht angeben könne. Die von Melsens gegebene Erklärung nämlich, dass es die vor der Kugel hergetriebene Luft sei, welche die Seitenwirkung veranlasse, weist er durch ingeniöse Versuche zurück, welche darthun, dass vorgetriebene Luft ganz wie ein fester Körper durchschlage. Obschon er aber nicht nachgewiesen, dass Abschmelzung von Blei hier vorkomme, glaubt er doch, dass die Erwärmung an der Spitze der Kugel und das daherige Abspritzen von Partikeln nach der Seite hin die eine Ursache der vermehrten Wirkung sei. Als Hauptursache erklärt er die gewaltige Rotation, für welche er kolossale Wirkungen berechnet. Nach seiner Rechnung hat 1 grm Blei, das losgeschleudert wird von dem rotirenden Geschoss, eine Stosswirkung auf die Gewebe zur Folge, welche gleich ist 11,5 kgrm auf 1 qcm oder einer Bleisäule von 10 m Höhe. Allein Busch macht einmal den Fehler vorauszusetzen, dass das Geschoss den Gewehrlauf durchsetzt mit einer Geschwindigkeit, die es an der Mündung des Laufes zeigt, da es doch von 0-Geschwindigkeit auf diese Höhe steigt und es demnach richtiger ist, den Mittelwerth, also bei Busch statt 400 blos 200 m anzunehmen. Dadurch kommt statt obiger 11,5 kgrm blos 2,8 kgrm bei seiner Rechnung heraus.

Dann ist es eine Maximalannahme, dass Stücke von 1 grm. losgeschleudert wurden. Handelt es sich ja doch nach unseren Experimenten meist blos um wenige Decigramm und werden diese in einer grossen Zahl von Stücken losgeschleudert. Nimmt man daher in der Busch'schen Rechnung statt eines abgesprengten Bleistückchens von 1 qcm und 1/11 cm Höhe ein solches von blos 1 qmm, so wird dieses 1 cgrm wiegen und nach Busch'scher Rechnung einen Druck von 115, nach unserer von 28 grm auf den Quadratcentimeter Gewebe ausüben, also einer Bleisäule von 0,1 m resp. 0,028 = 28 mm Höhe entsprechen, was ein ganz geringer Werth ist, dem kolossale Effecte nicht zukommen.

Dass weder die Schmelzung und das daherige Wirbeln abgesprengter Partikel im Sinne Busch's, noch die Rotation des Geschossmantels selber und die daherige Einwirkung auf die unmittelbar anstossenden Glastheilchen bei dem Vorgange eine nennenswerthe Rolle spielt, haben wir durch Anwendung von Kupfergeschossen und von Rundkugeln aus glattem Laufe wohl definitiv erwiesen. Kupfer hat nahe dieselbe gewaltige Splitterung bei vermehrter Geschwindigkeit im Gefolge wie Blei. Ein Schuss mit Rundkugel aus glattem Laufe hat bei derselben Geschwindigkeit wie das Vetterli-Geschoss eine ganz ähnliche Zersplitterung zur Folge, nur dem grösseren Querdurchmesser des Geschosses entsprechend etwas stärker; der Defect in der Mitte ist ebenfalls rund, die Splitterung der Scheibe allseitig ebenso gleichmässig vertheilt und von übereinstimmenden Figuren wie bei Vetterli. Gerade damit, dass wir den Nachweis geführt haben, dass eine der Hauptsache nach von der vermehrten Geschwindigkeit der Geschosse abhängige Seitenwirkung auch für feste Körper stattfindet, glauben wir dem Verständniss der hydraulischen Pressung bei flüssigen und flüssigkeitshaltigen Körpern die beste Förderung haben angedeihen zu lassen. Dass hydraulische Pressung vorkommt, hat Busch in ausgiebiger Weise nachgewiesen, nachdem nach seiner Angabe schon Longmore für das Gehirn dieselbe angenommen hatte, aber die zutreffende Erklärung glauben wir erst durch unsere Experimente geleistet.

Die Erklärung für die Sprengwirkung liegt nun darin, wie wir in Kap. 6 ausführlicher auseinandersetzen, dass bei einer ge-

wissen Geschwindigkeit des Geschosses die unmittelbar getroffenen Theilchen nicht rasch genug ausweichen können, so dass der gewaltige Stoss Zeit hat, seine Wirkung durch Mittheilung an die Umgebung auf grössere Distanzen hin in dem getroffenen Ziele fortzupflanzen.

2. *Schüsse auf kieselerfüllte Gefässe.*

Nr. 1. Gefäss mit Kiesel, Schuss mit Ordonnanz. Einschuss rund mit Defect nicht grösser als beim leeren Gefäss. Ringsherum zeigt das Gefäss ziemlich gleichmässig vertheilt, in Abständen von theilweise etwa 1 cm, ausserordentlich zahlreiche Kieseleindrücke.

Nr. 2. Gefäss mit Kiesel. Ordonnanz. Normalgeschwindigkeit. Ein Stück der Kugel sehr stark deformirt in den Kieseln aufgeschoben. Vergl. Nr. 1.

Nr. 3. Gefäss mit Kiesel. Rose. Normalgeschwindigkeit. Einschuss etwas grösser als bei Blei, merklich grösser und unregelmässiger als bei Kupfer. In einem Durchmesser von 1½ cm Kieseleindrücke ringsherum, doch weniger zahlreich als bei Blei.

Nr. 4. Ordonnanz und Rose. Ergibt einen die Kugel etwa um 3 mm im Durchmesser übertreffenden Einschuss. Nach oben und rechts hin sehr zahlreiche Ausbuchtungen der Wand durch angepresste Kieselsteine, aber nur etwa in der Ausdehnung eines doppelten Handtellers. Auf der linken Seite und auf dem Boden fehlen sie ganz.

Nr. 5. Gefäss mit Kiesel. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Einschuss wie beim leeren Blechgefäss, nur ganz vereinzelte Kieseleindrücke daneben. Viel grösserer Ausschuss mit starker Umkrempung, unregelmässig, 2½ auf 5 cm. Zu beiden Seiten desselben in einer Breite von je 4 cm zahlreiche Eindrücke von Kieseln, immerhin ungleich spärlicher als bei Rose und Blei, wo das Geschoss nicht durchgeschlagen hat.

Nr. 6. Gefäss mit Kiesel. Glattes Rohr. Bleirundkugel. Normalgeschwindigkeit. Runder Einschuss von 2 cm Durchmesser, kein Ausschuss. Gefäss etwas schräg getroffen, auf der näheren Seite in einer Höhenausdehnung von 9 cm sehr zahlreiche Ausbuchtungen der Wand von angepressten Kieselsteinen. Das Geschoss ausserordentlich deform, in einer Weise umgestülpt, dass es hutförmig aussieht, scharfkantig und höckerig.

Nr. 7. Gefäss mit Kiesel. Zinn mit Holzfüllung. Normalgeschwindigkeit. Runder Einschuss von 1½ cm Durchmesser, nur auf einer Seite des Einschusses etwa ein Dutzend Eindrücke von Kieselsteinen. Vom Geschoss einige abgesprengte Fetzen des Mantels aufgefunden.

Nr. 8. Gefäss mit Marmeln. Ordonnanz. Einschuss wie beim leeren Bleigefäss. Die Wand ringsherum in sehr regelmässigen Abständen mit Ausbuchtungen wie ein Bierhumpen versehen. Diese

Ausbuchtungen sind runder, etwas stärker vorragend und regelmässiger wie bei Kieselsteinen.

Nr. 9. Gefäss mit Marmeln. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Das Geschoss am vorderen Ende stark deformirt, zum Theil mit anhängendem Kieselstaub, zum Theil mit Kupfertheilchen. Einschuss etwas kleiner als beim gleichen Schuss wie Blei. Kein Ausschuss. Ausbuchtungen der Wand ziemlich gleich wie bei Blei, eher etwas stärker.

Nr. 10. Gefäss mit Kiesel. Blei. 250 m Geschwindigkeit. Einschuss wie beim leeren Blechgefäss, geringe Zahl von Ausbuchtungen an der gegenüberliegenden Wand. — Das Geschoss zeigt sich mit Ausnahme des wohlerhaltenen hintersten Theiles von 1 cm Länge sehr stark und unregelmässig difformirt, im Ganzen pilzförmig.

Nr. 11. Gefäss mit Kiesel. Blei. 200 m Geschwindigkeit. Kugel in der vorderen Hälfte stark deformirt. Einschuss etwas grösser und unregelmässiger mit stärkerer Umkrempung als bei Normalgeschwindigkeit. Am ganzen Gefäss zwei Eindrücke von Kieseln zu sehen neben dem Einschuss.

Schüsse auf ein rechteckiges Gefäss, vorn und hinten von einer festen Blechplatte gebildet, auf der Seite aus zusammengepresstem Holz mit Eisenrahmen.

Nr. 12. Gefäss mit Kiesel gefüllt. Abstand 10 cm. Aluminium. Normalgeschwindigkeit. Ergibt einen oblongen Einschuss, vier kleine Ausbuchtungen an der Hinterwand von andrängenden Kieselsteinen. Keine weiteren Veränderungen.

Nr. 13. Gefäss mit Kiesel gefüllt. Abstand 10 cm. Ordonnanz. Ergibt einen runden Einschuss der Grösse der Kugel entsprechend. Rückwand vorgebaucht in ziemlicher Ausdehnung. Auf der Höhe der Ausbauchung Eindrücke von Kieselsteinen.

Nr. 14. Gefässs mit Kiesel gefüllt. Abstand 10 cm. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Runder Einschuss dem Geschoss entsprechend. Gerissener Ausschuss von 2 auf 6 cm. Vereinzelte Kieseleindrücke in der Nähe.

Nr. 15. Gefäss mit Kiesel. Abstand 5 cm. Ordonnanz. Runder Einschuss der Kugel entsprechend. Unregelmässig gerissener Ausschuss von 6 auf 9 cm Durchmesser. Keine Kieseleindrücke.

Nr. 16. Gefäss mit Kiesel. Abstand 10 cm. Glattes Rohr; runde Bleikugel. Einschuss den Durchmesser der Kugel etwa um 6 mm. übertreffend, rund. Kein Ausschuss. An dessen Stelle Blechwand unregelmässig vorgetrieben.

Die Schüsse in Gefässe, welche mit Kiesel gefüllt sind, sind geeignet, die Analogie der Sprengung bei Glasscheiben mit der hydraulischen Pressung bei Flüssigkeiten ins rechte Licht zu setzen. Auch bei Kieselgefässen wird die

Sprengwirkung an der Wand durch Bildung von Ausbuchtungen erst bei circa 250 m Geschwindigkeit des Geschosses ersichtlich.

Die Kieselmasse ist darin dem Wasser analog, dass sie mehr als die Theilchen der Glasscheibe eine gegenseitige Verschieblichkeit derselben darbietet. Während desshalb die einzelnen Kiesel bei geringerer Geschwindigkeit des Geschosses einfach wie das Wasser nach der Oeffnung des Gefässes zu ausweichen, lässt ihnen das rascher eindringende Geschoss dazu keine Zeit, sondern ganz analog wie bei der hydraulischen Pressung pflanzt sich der Stoss allseitig fort, es entstehen nach allen Seiten hin Ausbuchtungen der Blechwand durch die angepressten Kiesel. Es ist zu notiren, dass bei den glatteren, gleich grossen Marmeln diese Wirkung stärker ist und eine höchst gleichmässige und zierliche, so dass das exquisite Bild eines Bierhumpens entsteht.

Es ist ferner deutlich, dass dieselben Faktoren, welche die Durchschlagskraft vermehren, die Sprengwirkung vermindern und umgekehrt. In dem Falle, wo das Kupfergeschoss durchschlägt, sind die Kieseleindrücke zwar auch vorhanden, aber weniger zahlreich als da, wo es stecken bleibt. So ist beim Kupfer die Seitenwirkung geringer als bei Rose, bei diesem geringer als bei dem sehr stark sich deformirenden Blei. Vermehrung des Querschnittes desGeschosses vermehrt also die Sprengung.

Während so die Analogie mit dem Wasser eine vollständige ist bezüglich der Vermehrung der Seitenwirkung durch Zunahme der Geschwindigkeit und durch Zunahme des Querschnittes, veranlassen dagegen entschieden die specifisch leichteren Metalle weniger zahlreiche Ausbuchtungen der Wand, während beim Wasser wie bei der Glasscheibe die Geschwindigkeit fast ausschliesslich ohne erheblichen Einfluss des specifischen Gewichtes in Betracht kommt für den Grad der Sprengung. Ob die grössere Festigkeit des Zieles diesen Unterschied erklärt, werden die folgenden Versuche lehren.

3. *Schüsse auf Sandsteinplatten.*

Schüsse auf Sandsteinplatten in Holzrahmen von 6 cm Dicke, 30 cm im Quadrat.

Nr. 1. Ordonnanz. Blei. Normalgeschwindigkeit. Im vorgehängten Papier ein der Kugel entsprechender Defect, mit zahlreichen radiären Einrissen bis 5 cm Länge. Kein Abspritzen des Bleies auf dem Papier constatirbar. In der Sandsteinplatte eine Delle von 6—7 cm Durchmesser und 12 mm Tiefe. Auf der Rückseite ein viel grösserer Defect, flach trichterförmig von 13 cm Durchmesser, etwas unregelmässig. Rings mehrere radiäre, ziemlich weit gehende und einige quer verlaufende Sprünge. Effect erscheint stärker wie bei Kupfer.

Nr. 2. Ordonnanz, Kupfer, Normalgeschwindigkeit. An der Stelle des Auftreffens ein 1 cm tiefer, 5 cm im Durchmesser haltender Defect mit einigen kurzen Sprüngen ringsherum. Auf der Rückseite der Platte, ohne dass die Kugel durchgedrungen wäre, auf der entgegengesetzten Stelle ein Defect von 2½ cm Tiefe und 14 auf 13 cm Durchmesser — wie der Einschussdefect flach trichterförmig. In einem vorgehängten Papiere ein der Kugel entsprechendes Loch, mehrere bis 5 cm lange, radiäre Einrisse.

Nr. 3. Ordonnanz. Rose. Normalgeschwindigkeit. Am Einschuss ein Defect von 7 cm Querdurchmesser, 1½ cm Tiefe mit vier nach allen Richtungen gehenden Sprüngen bis an den Rand der Platte. Auf der Rückseite ein flach trichterförmiger Defect von 15 bis 16 cm und 2½ cm Tiefe.

Nr. 4. Ordonnanz. Zinn mit Holzfüllung. Normalgeschwindigkeit. Defect und Risse im Papier wie bei Blei. Delle in der Sandsteinplatte von ½ cm Tiefe, 3 cm Durchmesser. Keine Veränderung auf der Rückseite.

Nr. 5. Ordonnanz. Blei. 250 m Geschwindigkeit. In dem Papier ein Defect mit radiären Rissen, aus denen zum Theil das Papier ganz abgerissen ist. In der Sandsteinplatte eine Delle ungefähr wie bei Zinn und Normalgeschwindigkeit; ½ cm tief, 3½ cm Durchmesser. Keine Wirkung auf der Rückseite.

Nr. 6. Ordonnanz. Aluminium. Geschwindigkeit 250 m. Im vorgehängten Papier ein Defect, dem Kugelprofil entsprechend. Sehr deutlicher Quereinschlag. In der Sandsteinplatte ein circa 8 mm tiefer, dem Loch im Papier an Umfang entsprechender Defect. Auf der Rückseite keine Veränderung.

Nr. 7. Ordonnanz. Blei. 200 m Geschwindigkeit. In dem Papier ein Defect mit vier nach allen vier Richtungen gehenden Einrissen, aus denen lange Papierstreifen ganz herausgerissen sind. Nur eine sehr unbedeutende Vertiefung im Sand etwa 1 mm tief, 1 cm Durchmesser mit einem schmalen schwarzen radiär gestreiften Rand. Wirkung auf das vorgehängte Papier erscheint viel stärker als bei grösserer Geschwindigkeit.

Theile des Geschosses werden, ganz platt geschlagen, vor dem Schiessstande aufgehoben. Dieselben sind ebenso platt wie bei Schuss auf Eisenplatte, aber viel mehr auseinander gefahren.

Nr. 8. Ordonnanz. Aluminium. Geschwindigkeit 200 m. Das Geschoss hat quer eingeschlagen und das Papier nicht einmal

ganz durchgeschlagen. In der Steinplatte nur eine andeutungsweise oberflächliche Abbröckelung von Sand.

Die Schüsse auf Sandsteinplatten zeigen gemäss der grösseren Festigkeit des Ziels eine raschere Erschöpfung der Seitenwirkung wie auch der Durchschlagskraft. Und im Gegensatz zu flüssigen und spröden Körpern, wo ein Stoss sich so sehr leicht fortpflanzt, treten die Differenzen der lebendigen Kraft bei gleichbleibender Geschwindigkeit, also speciell des specifischen Gewichts noch mehr in den Vordergrund als bei Kiesel: Blei und Rose haben stärkere Wirkung als Kupfer, dieses erheblich stärker als die Zinngeschosse mit Holzfüllung. In sehr hübscher Weise aber zeigen diese Versuche die Fortpflanzung des Stosses auf Distanz, ohne dass die zwischenliegenden Theile eine palpable Veränderung erleiden. Obschon die Sandsteinplatte nicht bricht, ist doch bei Einwirkung grösserer Kraft an der Rückfläche ein flach kegelförmiges Stück mit abgewendeter Basis herausgesprengt. Wie bei Flüssigkeiten bei Zunahme der lebendigen Kraft des Geschosses ein Stadium eintritt, wo noch keine allseitige hydraulische Pressung ersichtlich ist, sondern blos noch in trichterförmiger Erweiterung die Flüssigkeitstheilchen nach dem Ausschuss zu mitgerissen werden, so findet hier in Kegelmantelform eine Fortleitung des stärksten Stosses statt und vermag an der Rückfläche, weil hier eine Unterstützung von hinten fehlt, ein Stück herauszusprengen. Die Form des herausgesprengten Stückes ist ganz analog den von der Tabula vitrea abgesprengten Stücken, wenn ein Geschoss den Schädel nicht perforirt. Die Analogie mit einem auf der convexen Seite zuerst brechenden Stabe wird man sicherlich nicht auf eine Sandsteinplatte von 6 cm Dicke, welche in der Mitte ganz bleibt, in Anwendung bringen wollen. Die Fortleitung des Stosses in kegelförmiger Verbreiterung und die mangelnde Unterstützung von hinten her erklären das Vorkommniss völlig befriedigend.

4. *Schüsse auf Eisenplatten.*

Schiessversuche vom 25. April 1879 (in Thun angestellt). Schussweite 30 m.

Schüsse auf Eisenplatten, 1 cm dick.

Nr. 1. Schuss mit Ordonnanz und Blei, ergibt eine Delle, die derjenigen des Kupfergeschosses an Tiefe und Breite ziemlich genau entspricht. Um die Delle herum findet sich in der Breite von 3—5 cm ein weisser Stern. Eine bei einem ähnlichen Schusse aufgefangene Kugel ist ganz breit gequetscht, stellt eine Scheibe von circa 5 cm Durchmesser dar mit radiären Einrissen und nur circa $^1/_2$ cm. des hintern Endes ist noch in seiner Form erhalten.

Nr. 2. Ordonnanzgewehr mit Kupfergeschoss. Stärkste Geschwindigkeit, ergibt eine dellenförmige Vertiefung, ziemlich genau dem Durchmesser der Kugel entsprechond, aber von erheblich grösserem Durchmesser als das vordere Ende eines normalen Geschosses. Das Geschoss ist bis auf 1 cm des hinteren Endes breit gequetscht; der mittlere Theil bildet eine Erhöhung, die ziemlich genau in die Delle der Platte hineinpasst. Die Seitenpartien radiär aufgerissen, zum Theil abgesprungen und zeigen eine feine, radiäre Streifung. Der letzteren entsprechend findet sich um die Delle herum auf der Eisenplatte ein circa 4 mm breiter Kupferbeschlag.

Nr. 3. Derselbe Schuss mit Rose'schem Metall ergibt eine merklich kleinere Delle, sowohl der Breite wie der Tiefe nach, ziemlich genau dem vorderen Ende eines normal geformten Geschosses entsprechend. Um die Delle herum ein stark 1 cm breiter, weissglänzender Metallbeschlag und rings in einem Durchmesser von circa 25 cm ein ganz fein radiär gestreifter Anflug. Ein vorgehängtes Papier ist ganz zerrissen.

Nr. 4. Schuss wie Nr. 1, aber nur 200 m Geschwindigkeit, ergibt gar keine Delle, sondern nur einen weisslichen Beschlag in der Ausdehnung vom doppelten Querdurchmesser der Kugel. Da wo die Spitze der Kugel angeschlagen, fehlt der Belag in einer Breite von etwa $^1/_2$ cm.

Nr. 5. Ordonnanz, Aluminium, Normalgeschwindigkeit. Auf der Eisenplatte ein weisser Beschlag von circa 1 $^1/_2$ cm Durchmesser. Ohne Stern; keine Delle.

Nr. 6. Schuss auf dieselbe Platte. Zinngeschoss mit Holzfüllung. Eine ganz unbedeutende Delle dem vorderen Ende des Geschosses ungefähr entsprechend, mit weissem Belag und einem weissen Stern ringsherum von circa 3 cm. Durchmesser. — Ein vorgehängtes Papier zeigt einen bis an die Ränder desselben gehenden Stern, zum Theil von grauen Spritzlingen herrührend und mit stellenweise ganz deutlich feinkörnigem Metallanflug, zum grössten Theil von radiären Einrissen gebildet.

Nr. 7. Schuss mit Ordonnanz und Aluminium, ergibt einen weisslichen Belag wie bei Bleischuss von 200 m Geschwindigkeit, keine dellenförmige Vertiefung. — Der hintere Theil des Geschosses ist in einer Länge von $^5/_4$ cm intact erhalten. Vorn ist das Geschoss flach abgeplattet, ohne Erhabenheit wie beim Blei, mit radienförmigen Einrissen von den Rändern her und radiärer Streifung wie bei den übrigen auf Eisenplatten gerichteten Geschossen.

Die Schüsse auf Eisenplatten zeigen eine nach den Seiten gehende Wirkung gar nicht mehr. Hier kommt daher derjenige Theil rein zur Wirkung und Beobachtung, welchen man als Durchschlagskraft bezeichnet im Gegensatz zu der von uns früher premirten Sprengkraft. Die Versuche ergeben nun die Abhängigkeit der Durchschlagskraft von dem specifischen Gewicht des Geschosses. Trotz der nämlichen Geschwindigkeit macht Aluminium gar keine Delle, Zinn mit Holzfüllung nur eine ganz unbedeutende gegenüber Blei, Rose-Metall, Kupfer. Dass die Geschwindigkeit aber ebenfalls von wesentlichem Einfluss ist, zeigt die Differenz der Wirkung zwischen Bleigeschoss von 200 m und 435 m Geschwindigkeit. Letztere machen eine erhebliche Delle, jene noch keine Delle auf einer Eisenplatte. Es ist also bei sehr festen Körpern, wo eine Sprengwirkung gar nicht in Frage kommt, bei einmaligem Auftreffen des Geschosses die Wirkung des letzteren direct proportional den zwei Componenten der lebendigen Kraft.

Bei Rose-Metall ist die Wirkung auf die Platte geringer als bei Blei und Kupfer. Da dasselbe ein höheres specifisches Gewicht hat als Kupfer, so kann dieser Unterschied nur auf der Differenz in der Consistenz und der daherigen Vergrösserung der Berührungsfläche von Geschoss und Ziel beruhen, indem nämlich Rose-Metall eine ausgedehnte Schmelzung erfährt, wie das vorgehängte Papier in exquisiter Weise darthut. Dass das Blei keine stärkere Wirkung macht als Kupfer trotz des erheblich höheren specifischen Gewichts mag ebenfalls auf der theilweisen Schmelzung und daherigen Consistenzveränderung beruhen. Denn dass auch bei Blei Schmelzung vorkommt, haben wir früher bereits als eine jetzt wohl von Niemand mehr bezweifelte Thatsache hervorgehoben.

Bemerkenswerth ist der Kupferbeschlag auf der Eisenplatte, welcher zeigt, dass nicht jeder weisse Stern bei Blei ohne weiteres als Schmelzproduct zu deuten ist, denn offenbar kommt derselbe durch mechanische Reibung zu Stande, wie auch die radiäre Streifung des vorderen Endes der Kupfergeschosse darthut. Wir finden also bei den Schüssen auf Eisenplatten als Resultat, dass die Durchschlagskraft eines Geschosses abhängig ist von der

lebendigen Kraft des Geschosses und zwar zweier Componenten derselben in gleichem Sinne, dagegen in umgekehrtem Sinne abhängig von der dritten Componenten, dem Volumen, soweit dasselbe den Querschnitt des Geschosses beeinflusst. Jede Consistenzverminderung, welche zur Difformirung des Geschosses führt, hat auch verminderte Durchschlagskraft zur Folge.

5. *Schüsse auf Bleiplatten.*

Schüsse in 35 mm dicke gegossene und gehämmerte Bleiplatten von 30 cm im Quadrat; auf 30 m Distanz.

Nr. 1. Ordannanz. Blei. Normalgeschwindigkeit. Ein vorgeklebtes Papier zeigt einen rissförmigen Einschnitt und der aufgeworfene Wall von Blei hat dasselbe unter sich eingeklemmt. — Der Einschuss in der Bleiplatte ganz rund von 3 cm Durchmesser, mit einem circa 2½ mm hohen aufgeworfenen Bleiwall mit sternförmig eingerissenen Rändern. Ein blinder Schusskanal erstreckt sich 33 mm in die Tiefe, sich allmählich verjüngend. In der Tiefe steckt das umgestülpte, abgeplattete Geschoss. — Auf der Rückseite ist das Blei etwas vorgewölbt.

Nr. 2. Glattes Rohr. Bleirundkugel (16 mm Durchmesser); Normalgeschwindigkeit. Vollständig runder Einschuss von 4 cm Durchmesser, mit aufgeworfenen, sternförmig eingerissenen, 5 mm hohen Rändern, in der Form wie bei Schuss Nr. 1. — Der blinde Schusskanal hat eine Tiefe von 2½ cm, ist schön rund ausgehöhlt; auf der entgegengesetzten Seite ist die Bleiplatte nur unbedeutend vorgewölbt. — Die hutförmig eingestülpte Kugel im Grund des Kanals vollkommen abgeplattet.

Nr. 3. Ordonnanz. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Bei gerade gestellter Platte. Dieselbe vollständig durchgeschossen. Einschuss 22 mm im Durchmesser, rund, mit 4 mm hohen aufgeworfenen Rändern, sternförmig eingerissen. Der Ausschuss auf einem vorgestülpten Kegel von etwa 3—4 mm Höhe, etwas unregelmässig; 12 und 13 mm Durchmesser.

Nr. 4. Bei schräg gestellter Platte findet sich ein schräger Schusskanal ähnlich wie der beim vorigen Schuss, der aufgeworfene Wall am Einschuss ist viel stärker nach der Seite zu, nach der die Kugel hingerichtet war. Auf der entgegengesetzten Seite findet sich in einer Tiefe von 1 cm von der Oberfläche entfernt ein sehr deutlicher Abdruck des Umfanges der Kugel, mit Längsstreifen, wo dieselbe offenbar sich an der sichtbaren Bleifläche gerieben haben muss, so dass die Ausweitung des Schusskanales nur nach der entgegengesetzten Seite und nach rechts und links statthaben konnte. —

Eine Andeutung einer ähnlichen Mulde findet sich in viel grösserer Tiefe auch bei dem gerade durchgehenden Schuss.

Nr. 5. Zinngeschoss mit Holzfüllung. Ordonnanz. Runder Einschuss von 22 mm Durchmesser; Tiefe 2 cm. Aufgeworfene Ränder von 3 mm Höhe. Im Uebrigen wie bei den anderen Bleiplatten. In der Tiefe des blinden trichterförmigen Schusskanals ist das Geschoss zu sehen, abgeplattet mit zurückgebogenen Rändern. Durch die Mitte des vorderen Endes desselben hindurch kommt ein kegelförmiger Zapfen des Bleies der Platte rückwärts heraus.

Nr. 6. Ordonnanz. Aluminium. Normalgeschwindigkeit. Runder Einschuss von 2 cm Durchmesser; 12 mm Tiefe mit einem 1 1/2 mm. hohen, sternförmig aufgerissenem Wall.

Nr. 7. Ordonnanz. Blei. 200 m Geschwindigkeit. Vollständig runder Einschuss von 18 mm Durchmesser, 5 mm Tiefe von dem Geschoss ausgefüllt, dessen hinterstes Ende als ein circa 1 mm hoher Rand in dem blinden Ende noch wohlerhalten zu sehen ist, während die abgeplatteten Ränder stark umgestülpt sind.

Nr. 8. Kupfergeschoss. 200 m Geschwindigkeit. Einschuss von 11 mm Durchmesser, also ziemlich genau dem Durchmesser der Kugel entsprechend. Rückseite ist 1/2 cm weit vorgebaucht. Kugel steckt. Um den Einschuss ein aufgeworfener Wall.

Nr. 9. Gefülltes Zinngeschoss. 200 m Geschwindigkeit. Einschuss von 14 mm Durchmesser, mit aufgeworfenem Wall. Delle in der Platte von 6 mm Tiefe. Geschoss vorn abgeplattet mit abgerundeten Rändern (Geschoss vorn 13 mm breit, statt 10 mm). Holzfüllung zurückgestossen.

Bei einem zweiten gleichen Schuss ist die Holzfüllung herausgeworfen, das Geschoss steckt fest. Es ist etwas schräg eingedrungen, berührt auf der einen Seite die Wand des Schusskanals, auf der anderen ist es 6 Mm. von derselben entfernt und nach dieser Seite ist es stark abgeplattet. Einschuss leicht oval.

Nr. 10. Ordonnanz. Aluminium. 200 m Geschwindigkeit. Ein querer Einschlag des Geschosses und eine flache Delle, an der Stelle des vorderen Endes etwas tiefer als hinten, circa 4 mm tief, in der Breite dem Geschoss ganz genau entsprechend.

Nr. 11. Blei. 150 m Geschwindigkeit. Einschuss von 17 mm Durchmesser mit Wall. Geschoss steckt, stark abgeplattet in der Delle; nur der hinterste Theil von 2 mm Länge des Geschosses ist noch normal und ragt bis in das Niveau der vorderen Fläche der Bleiplatte: das Geschoss ist also viel weniger weit vorgedrungen als Kupfer.

Schon Dupuytren hat Bleiplatten als Zielobject benutzt und uns haben sich dieselben als ganz besonders nützlich erwiesen zur bleibenden Demonstration der zwei Wirkungsweisen der modernen Geschosse im Sinne der Durchschlagskraft und der Sprengkraft. Was zunächst die Durchschlagskraft betrifft, so ergibt sich

dieselbe drei Faktoren proportional, nämlich sie ist um so grösser, je stärker die Geschwindigkeit, je grösser das specifische Gewicht und je grösser die Härte des Metalls. Das Kupfer- und Bleigeschoss mit 200 m Geschwindigkeit ist so erheblich weniger weit vorgedrungen als Kupfer und Blei bei 400 m, dass an der Bedeutung der Geschwindigkeit für die Durchschlagskraft nicht gezweifelt werden kann.

Was das specifische Gewicht anlangt, so dringt das sich kaum deformirende Aluminium gegenüber dem ebenfalls wenig veränderten Kupfer so ungleich weniger tief vor bei der nämlichen Geschwindigkeit, dass gar kein Zweifel an der Bedeutung des specifischen Gewichtes aufkommen kann. Dagegen muss die Härte des Geschosses sehr wesentlich dabei ins Gewicht fallen. Blei und Rose-Metall haben beide höheres specifisches Gewicht als Kupfer und doch dringen sie, wie besonders unsere früher schon mitgetheilten Versuche [1]) schön demonstriren, viel weniger weit vor als letzteres. Die Differenz findet ihre Erklärung darin, dass das Blei zu einer breiten umgestülpten Kappe sich deformirt, wodurch der Querdurchmesser des Geschosses bedeutend erhöht und die Widerstände für das Durchdringen entsprechend vermehrt werden. Bei Rose-Metall vollends kommt es zu einer ergiebigen Schmelzung des Metalles, wie vorgehängtes Papier und die Austapezierung des Schusskanals mit Rose'schem Metall lehren. Dadurch büsst das Geschoss entsprechend an Masse und somit nach dem oben Gesagten an Durchschlagskraft ein. Gerade für die Aufklärung der Bedeutung der Consistenz des Geschosses für die Durchschlagskraft scheinen diese Versuche mit Bleiplatten ganz besonders geeignet.

Im Gegensatz zu den Angaben von Dupuytren haben wir gefunden, dass das Bleigeschoss nicht in so vollständiger Weise mit der Bleiplatte verschmilzt, dass man dasselbe nicht unterscheiden könnte. Vielmehr konnten wir die dem Geschoss entsprechende, stark abgeplattete und tulpenartig umgestülpte Bleiplatte aus dem blinden Schusskanal mit dem Messer herausheben.

Sehr schön wird durch die Versuche mit Bleiplatten die Sei-

1) s. Corr.-Bl. f. schweizer Aerzte 1879.

tenwirkung illustrirt. Es ergibt sich nämlich zu voller Evidenz durch Benutzung von Kupfergeschossen, welche nur eine sehr geringe Abplattung des vorderen Endes zeigen, dann durch Benutzung von glatten Rohren und Rundkugeln, endlich durch das Verhalten vorgehängten Papiers und durch den Gewichtsverlust, den die Platte erleidet, dass beim Auftreffen eines Geschosses stärkster Geschwindigkeit das Blei der Platte geschmolzen wird und aus dem Schusskanal zurückspritzt resp. wie eine Flüssigkeit nach den Seiten hin verdrängt wird. Da diese Verflüssigung nur einen beschränkten Theil der Platte betrifft, so wird wegen des Starrbleibens der Umgebung der Schusseffect gleichsam im Abguss dargestellt. Vergleicht man die Präparate, so lässt sich darthun, dass Difformirung des Geschosses, wie ersichtlich, die Seitenwirkung überhaupt vermehrt. So nimmt bei Vermehrung des Querdurchmessers des Geschosses, bei Anwendung grösserer Rundkugeln der Querdurchmesser des Schusskanals entsprechend zu. Wie also nach Obigem der von Anfang an grössere oder durch Difformirung grösser werdende Querdurchmesser die Durchschlagskraft herabsetzt, so steigert er die Seitenwirkung. Es ergibt sich aber auch bei Geschossen, welche weder rotiren noch sich deformiren, eine exquisite Seitenwirkung, wie bei Schüssen mit Kupfer und Aluminium zu Tage tritt. Obschon Kupfer nur eine sehr geringe Verbreiterung des vorderen Endes auf 13 mm zeigt, bedingt es doch einen Schusskanal von 22 mm, in anderen Versuchen 24 mm Durchmesser, aber dies ist durchaus nur der Fall bei stärkerer Geschwindigkeit. Bei 200 m z. B. entspricht der Durchmesser des Schusskanals noch ziemlich genau dem Durchmesser des Geschosses.

Sehr bemerkenswerth ist es, dass bei allen Geschossen von gleichem Durchmesser — wodurch Blei, welches sich im Momente des Auftreffens difformirt, vom Vergleiche ausgeschlossen ist — bei der nämlichen Geschwindigkeit diese Seitenwirkung fast gleich stark ausgesprochen ist. Sie erscheint also von dem specifischen Gewicht nicht in dem Maasse direct abhängig, wie bei Schüssen auf andere feste Körper, vielmehr überwiegt hier ganz bedeutend der Einfluss der Geschwindigkeit, ganz in derselben Weise, wie wir es bei Wasser constatirt haben. Es hängt dies einfach damit zusammen, dass auch bei Bleiplatten als Ziel das Geschoss wirk-

lich auf eine flüssige Masse wirkt, indem im Momente des Auftreffens das Blei der Platte schmilzt, gerade wie die Bleikugel auf einer Eisenplatte. Die ausgedehnte Durchlöcherung eines vorgehängten Papiers von den Bleispritzlingen belehrt darüber auf das Evidenteste, sowie die Ablagerung dieser Spritzlinge auf der zugewandten Papierseite. Und zwar findet dieses Spritzen in ganz analoger Weise auch bei Schuss mit einem Kupfergeschoss statt, kann also durchaus nur von dem geschmolzenen Blei der Platte herrühren. Dass die Rotation für das Zustandekommen der gewaltigen Erweiterung des Schusskanals keine Bedeutung hat, geht daraus hervor, dass auch bei einer aus glattem Rohr abgeschossenen Rundkugel, wo die Rotation fehlt, ein ebenso schön gleichmässig konischer oder cylindrischer Schusskanal zu Stande kommt mit kreisrundem Einschuss. Die Bleiplattenexperimente haben also den grossen Vortheil, gewisse Eigenthümlichkeiten der festen und flüssigen Körper als Zielobject so zu vereinigen, dass man sowohl die Durchschlagskraft als die Sprengkraft an denselben gleichzeitig studiren kann. Wir sehen hier wie bei den Flüssigkeiten eine höchst ausgesprochene Abhängigkeit der Seiten- resp. Srengwirkung von der Geschwindigkeit des Geschosses. Erst bei einer gewissen Höhe derselben (über 200 m) tritt sie überhaupt zu Tage, um dann entsprechend der Zunahme derselben zu steigen. Bei 200 m entspricht der Durchmesser des Schusskanals noch dem Durchmesser des Geschosses ziemlich genau, um bei höchster Geschwindigkeit (über 400 m) die dreifache Höhe desselben zu erreichen. Wie bei Flüssigkeiten tritt gegenüber der Geschwindigkeit der Einfluss des specifischen Gewichtes sehr in den Hintergrund. Viel wichtiger erscheint der Querdurchmesser des Geschosses und daher auch die Consistenz des verwendeten Geschossmetalles. Die grössere Bleirundkugel zeigt einen weiteren Schusskanal als das konische Bleigeschoss, dieses einen weiteren Schusskanal als das Kupfergeschoss.

Bezüglich der Durchschlagskraft schliesst sich das Bleiziel den festen Körpern an. Nicht nur nimmt mit zunehmender Geschwindigkeit die Tiefe des Schusskanals entsprechend zu, sondern auch mit Zunahme des specifischen Gewichts. Bei derselben Geschwindigkeit dringt das Kupfergeschoss durch die Bleiplatte

hindurch, bei welcher das Aluminiumgeschoss in derselben stecken bleibt. Das Volumen resp. der Querschnitt und daher auch die Härte des Geschosses wirkt auf die Durchschlagskraft in entgegengesetzter Weise ein wie auf die Sprengkraft. Das härtere Kupfergeschoss, welches nur minimale Verbreitung zeigt, schlägt noch durch, wo das Bleigeschoss schon stecken bleibt.

Bei den Kupferschüssen stärkster Geschwindigkeit zeigt das aufgefangene Geschoss eine Bleikappe, welche in Form einer Halbkugel von 12 mm Durchmesser und 6 mm Höhe das vordere Ende ganz bedeckt. Das vordere Ende des Kupfergeschosses ist etwas breit geschlagen und nach der Seite umgebogen, nach der die Spitze des Geschosses hingerichtet war. — Die Längeabnahme des Geschosses selbst beträgt 5 mm, das vordere abgeflachte Ende zeigt einen Bleibeschlag, das Gewicht ist um 8,0 grm gegen das Normale vermehrt. Bei dem zweiten Schuss von Kupfer auf Blei sitzt die Bleikappe in der Weise dem kolbenartig verbreiteten vorderen Ende des Kupfergeschosses auf, dass sie allseitig etwas über dasselbe herabhängt. Das Blei ist vollkommen fest angeschmolzen.

Die dem Kupfergeschoss aufsitzende Bleikappe beweist, dass der Theil des schmelzenden Bleies, welcher nicht herausspritzen und dem vordringenden Geschoss nicht ausweichen konnte, vor demselben hergetrieben wurde gegen die hinteren Theile der Platte und so hutförmig auf jenes angeschmolzen werden musste.

FÜNFTES KAPITEL.

Die Sprengwirkung bei den Knochen und Weichtheilen des menschlichen Körpers.

Wenn wir nun die Resultate unserer Versuche anwenden auf den normalen menschlichen Körper, so haben wir bezüglich der Umwandlung der lebendigen Kraft des Geschosses in Wärme bereits hervorgehoben, dass bei der Anwendung von Bleigeschossen noch bei der gegenwärtigen Gewehrconstruction diesem Faktor keine erhebliche Bedeutung zukommt. Nur bei der festesten Knochencorticalis kommt er in Betracht und zwar in diesem Sinne, dass durch das Absprengen von Bleipartikeln die Berührungsfläche des Geschosses mit den Körpertheilchen erheblich vermehrt, und dadurch die Sprengkraft des Geschosses um ebensoviel vermehrt, als die Durchschlagskraft vermindert wird. Die beiden anderen Kräfte aber, in welche die lebendige Kraft des Geschosses beim Auftreffen auf den Körper zerlegt wird, bedürfen für verschiedene Gewebe der Demonstration. Wenn wir bei einer Eisenplatte gar nichts von einer Seitenwirkung sehen, während bei einer Glasscheibe je nach der Geschwindigkeit des Geschosses die Seitenwirkung diejenige in der Richtung des Geschosses weit überwiegt, so wird es sich fragen: welche Stellung in der Serie fester Körper als Zielobject nehmen die festen Gebilde des menschlichen Körpers, die Knochen ein?

Der Vergleich von Schüssen mit verschiedener Ladung lehrt, dass bei trockenen Knochen geringere Geschwindigkeit denselben Effect hat, wie ein sehr mattes Geschoss auf eine Glasscheibe: Der Knochen splittert in unregelmässiger Weise, ein Defect kommt

nicht zu Stande, das Geschoss vermag den Festigkeitscoefficienten der zunächst getroffenen Theile nicht zu überwinden, es erschüttert die Scheibe durch mitgetheilte Bewegung, es entstehen Commotionsfissuren. Vermehren wir durch Zunahme der Ladung die Durchschlagskraft, so kommt bei den höchsten zur Anwendung kommenden Geschwindigkeiten ein Zeitpunkt, wo wir mittelst des Geschosses im Knochen, an den langen Diaphysen sowohl als am Schädel ein Loch resp. Kanal herausschlagen, fast ebenso rein, wie durch einen Pistolenschuss oder einen Vetterli-Schuss mittlerer Geschwindigkeit aus der Glasscheibe. Die Sprengwirkung, wie wir sie bei letzterer bei Normalladung des Vetterli-Gewehres erhalten, kommt also für die soliden Gewebe des Körpers gar nicht in Frage. Alle Splitterung am Knochen, wenigstens ausgedehnter Art, muss entweder darauf bezogen werden, dass das Geschoss nicht die Kraft hatte, das zunächst getroffene Knochenstück herauszuschlagen und daher durch mitgetheilte Bewegung, wenn man will, Keilwirkung, Commotionsfissuren veranlasste, oder falls ein lochförmiger Defect bei gleichzeitiger Splitterung vorhanden ist, muss die Ursache der Splitterung in dem Flüssigkeitsgehalte eingeschlossener Gewebe einzig und allein gesucht werden.

Wir anerkennen also die Resultate der höchst interessanten Versuche und Untersuchungen von Bornhaupt[1]), mit denen er die Gesetze zu ermitteln sucht, nach denen trockene Knochen bei Einwirkung einer dem Geschosse ähnlichen Gewalt splittern, insoweit an, als es sich um Verletzung der Knochen durch Geschosse geringerer Geschwindigkeit (unter 250 m), resp. also auch um Schüsse auf grössere Distanzen (über 400 m) handelt. Grade in den exquisitesten Präparaten Bornhaupt's, wo eine Querfractur und wo mehrere parallele Längsfracturen zu Stande kamen, ist ausdrücklich hervorgehoben, dass diese Verletzungen die Folge matter Geschosse waren: die Kugel hatte blos eine Delle gemacht oder war blos durch die eine Knochenwand hineingedrungen. Auch bei den Spiralfracturen, welche durch Torsion des Knochens erklärt

---

1) Bornhaupt, Ueber den Mechanismus der Schussfracturen. Langenbeck's Archiv. 25. S. 647.

werden, sind es vorzüglich auf Apophysen einwirkende matte Kugeln, welche der Verletzung zu Grunde liegen. So ist ferner von Bornhaupt auch bei dem „schraubenlinienförmigen Längsbruch“ ausdrücklich hervorgehoben, dass derselbe zu Stande komme, auch wo die Kugel gar nicht einmal bis in die Markhöhle vorgedrungen war. Mit Recht hebt Bornhaupt hervor, dass da offenbar der hydraulische Druck ohne Bedeutung sei, sondern die Sprödigkeit und Spaltbarkeit der Knochen das einzig maassgebende. Aber ganz etwas anderes ist es bei Schüssen mit grösserer Geschossgeschwindigkeit. Unsere Versuche mit den Blechgefässen belehren uns, dass von einer gewissen Grenze der Geschwindigkeit ab nothwendig eine hydrostatische Wirkung eintritt. Diese kann nun freilich durch die Festigkeit der Knochen unwirksam gemacht werden, ist aber doch nicht ohne Bedeutung für den Verlauf.

Wir halten es für sehr bezeichnend, dass Bornhaupt ausdrücklich hervorhebt, dass die oben erwähnte schraubenlinienförmige Fractur selber am Femur zur Ausheilung gelangen kann. Er habe 8—9 solche Präparate gesehen. Es steht das ganz im Einklang damit, dass hier die hydraulische Pressung nicht in Frage kommt, da es sich um matte Geschosse handelt. Die Prognose und Therapie der Splitterfracturen dagegen, bei denen eine hydraulische Pressung mitwirkt, ist eine ganz andere, die Prognose viel schlimmer, die Therapie daher viel mehr auf actives Vorgehen angewiesen. Denn eine hydraulische Wirkung durch das Mark kann nur zu Stande kommen unter Voraussetzung heftigster Quetschung des Markes selber.

Natürlich wird auch bei der Wirkung der hydraulischen Pressung für die Form der Zersplitterung die Sprödigkeit und Spaltbarkeit der Knochen bis zu einem gewissen Grade maassgebend sein, allein diese Gesetze sind noch experimentell zu erforschen. Gegenwärtig kann ich nur das aussagen über die Knochensplitterung bei Nahschüssen, bei der nicht blos die Commotion, sondern die hydraulische Wirkung in Frage kommt, dass die Splitter ausserordentlich zahlreich, oft sehr klein sind und öfter sehr weit in den Weichtheilen hingestreut werden. Bei den Epiphysen kann die Verletzung oft nicht besser als durch den Ausdruck des „Platzens“ bezeichnet werden. Bornhaupt glaubt allerdings

auch dieses Platzen an den Epiphysen aus der „Keilwirkung“ der modernen Geschosse erklären zu können. Dagegen müssen wir nun ganz entschieden protestiren. Unsere Experimente beweisen bestimmt, dass für Geschwindigkeiten über 250 bis zu 425 die Sprödigkeit der Epiphysenknochen nicht gross genug ist, um eine Sprengwirkung als *solide* Körper, wie die Glasscheiben zu ergeben; was hier nicht einfach Commotionsfissur ist, ist durchaus und einzig zu erklären durch hydrostatische Druckwirkung; nur diese vermag „die Wände des Schusskanals auseinander zu drängen“, wie auch *Bornhaupt* sich ausdrückt, über den Durchmesser des Geschosses hinaus; nur diese vermag, wie wir gezeigt haben, die Spongiosa vollständig zu zermalmen. Bei den Diaphysen mag es bei gewissen Individuen sehr spröde Knochen geben, wo nach Art unserer Glasscheibenexperimente eine Sprengwirkung in dem von uns definirten Sinne bei stärkster Geschwindigkeit noch sich geltend macht. Als Regel aber muss man ansehen, dass bei Schüssen unter 250 m Geschwindigkeit bei allen Knochen die Seitenwirkung als Commotionswirkung aufzufassen und zu beurtheilen ist, weil das Geschoss die unmittelbar getroffenen Theile gar nicht oder zu langsam aus ihrem Zusammenhange herauszureissen vermag, dass dagegen bei Schüssen über 250 m stets hydraulische Wirkung durch das Mark in Frage kommt, sei es in der Form, dass dieselbe die Splitterung vermehrt, sei es, dass sie durch blosse Markquetschung auf die Prognose Einfluss übt.

Denn zunächst haben wir allerdings nur das Recht, diejenigen Fissuren ganz oder wesentlich als Wirkung des hydrostatischen Druckes anzusprechen, welche mit lochförmigen Defecten des Knochens verbunden sind. Aber auch wo sich die Wirkung auf den weichflüssigen Inhalt der Knochen nicht in Vermehrung der Splitterung geltend macht, muss der Chirurg — und das ist bei allen Nahschüssen der Fall — im Auge behalten, dass nothwendig eine Markquetschung dabei ist. Das macht die Schüsse so unbedingt gefährlicher, wenigstens wo die Folgen der Quetschung eines so wichtigen und tief gelegenen Gewebes nicht durch correcte Antisepsis paralysirt werden können. Wo dagegen bei geringerer Geschwindigkeit resp. grösserer Distanz Schussverletzungen stattgefunden haben, dürfen selbst ausgedehnte Fissuren die Prognose

der Chirurgen nicht zu sehr beeinflussen, da die Sprödigkeit des getroffenen Knochens die weitgehende Wirkung erklärt.

Wenn wir von dem hydrostatischen Druck beim Knochensystem noch so erhebliche Wirkung sehen, dass Zermalmung der Epiphysen und besondere Formen und Grade der Diaphysensplitterung darauf zurückgeführt werden müssen, so spielt dieselbe für alle Weichtheile mit ihrem reichen Flüssigkeitsgehalte für die Erklärung der Seitenwirkung geradezu die Hauptrolle. Den Beweis dafür geben die vergleichenden Versuche mit Schüssen auf trockene und feuchte Gewebe aufs Schlagendste.

a) Schüsse auf trockene und feuchte Tibiae.

1. Trockene Tibia. Ordonnanz. Blei. 8 cm unter der Gelenklinie schöner runder Einschuss genau der Grösse des Geschosses entsprechend. Durch Absplitterung der Corticalis etwa aufs Doppelte vergrösserter Ausschuss. Keine Fissuren.

2. Trockene Tibia. Ordonnanz und Rose. Rinnschuss ohne Splitterung in der Mitte zwischen Gelenklinie und Spin. tibiae. Seitenfläche des Geschosses in Rinne hereinpassend, letztere schwarz verfärbt.

3. Trockene Tibia in Tuch. Ordonnanz und Kupfer. Runder Einschuss dem Geschoss entsprechend, ganz gleich grosser Ausschuss nur mit geringer Absplitterung des Corticalisrings. Vom Ein- und Ausschuss laufen zwei Fissuren abwärts.

4. Trockene Tibia. Ordonnanz. Blei. 200 m Geschwindigkeit. Zeigt einen Schrägbruch der Tibia im oberen Drittel ohne deutlich markirten Ein- oder Ausschuss mit Absplitterung einzelner grosser Splitter.

5. Feuchte Tibia. Ordonnanz. Blei. Condyl. ext. getroffen, in grösster Ausdehnung gerissen, mit starker Absplitterung der Corticalis. Von Ein- und Ausschuss nichts zu sehen.

6. Feuchte Tibia in Tuch. Ordonnanz und Kupfer. Das Tuch zeigt einen rundlichen Einschuss der Grösse der Kugel entsprechend mit zerfetzten Rändern. Einschuss im Knochen hat die Grösse von circa 3—4 cm, ist unregelmässig und mehrere Stücke der Corticalwand sind rückwärts herausgebrochen. Der Ausschuss ist grösser und unregelmässiger, noch viel zahlreichere Absplitterungen der Corticalis. Die Spongiosa in der Breite des Durchmessers des Ausschusses zerstört.

7. Feuchte Tibia. Ordonnanz und Rose. Die Diaphyse im Bereiche des oberen Drittels völlig zersplittert und gebrochen, so dass weder von Ein- noch Ausschuss etwas zu sehen ist.

b) Schüsse auf macerirte Schädeldächer, mit der Concavität in Abstand von 20 cm einander zugekehrt und befestigt.

8. Ordonnanz und Blei, ergibt einen oblongen Einschuss; im kleineren Durchmesser dem Durchmesser der Kugel entsprechend. auf der Seite nach der die Spitze des Geschosses hingewendet war. Zwei weithin verlaufende, divergirende Fissuren und eine Absprengung eines starken Stückes. Durchmesser des Ausschusses ebenfalls längsoval; der kleinere von demselben Durchmesser wie die Rose'sche Kugel. Ränder unregelmässig zackig, nach einer Seite in eine Fissur auslaufend, die in eine losgesprengte Naht hereingeht.

9. Ordonnanz und Rose, ergiebt einen Einschuss wie beim Kupfer, leicht oval, im Durchmesser genau dem der Kugel entsprechend. Sehr unbedeutende Absplitterung der Ränder, keine radiären Fissuren. Ausschuss etwa 3 mm grösser als der Durchmesser der Kugel, etwas unregelmässig, mit zackigen Rändern. An der Vorderseite des zweiten Schädeldaches im Durchmesser von 6 cm ein graulicher, feiner Metallbeschlag.

10. Ordonnanz. Rose. Einschuss gegen den Rand des einen Schädeldaches hin von gewöhnlicher Form und Ausdehnung. Das gegenüberliegende Schädeldach auseinandergesprengt, in seinen Nähten mit einem exquisiten, grauweissen, glänzenden, aus feinsten und etwas gröberen Metallplättchen bestehenden Beschlag. Auch die Sprungränder der Nähte zeigen denselben Beschlag.

11. Ordonnanz. Blei. 200 m Geschwindigkeit auf trockenen Schädel. Einschuss im rechten Scheitelbein oval 1 bis 1,5 cm offenbar wegen schrägen Auftreffens. Am Ausschuss das ganze Os parietale aus seinen Nahtverbindungen herausgerissen. Ein zwischengespanntes Papier zeigt einen unregelmässigen Riss mit einem Defect von unregelmässiger Gestalt von 2 auf 3 cm. Durchmesser, aber ohne die Spritzlinge und die unabhängigen kleinen Risse nebenan. Nur ein einziger grösserer Riss befindet sich in einer Distanz von 2 cm offenbar ein mitgerissener Fremdkörper.

c) Schüsse auf Schädel mit normaler Weichtheilfüllung und Bedeckung. 8 m Distanz. Geschwindigkeit 425 m im Momente des Auftreffens.

12. Kupfer. Kleiner Einschuss wie gewöhnlich, Ausschuss etwa doppelt so gross mit sternförmigen Rissen. Bei Bloslegung des Schädeldaches zeigt dasselbe zahlreiche Fissuren mit vollständiger Loslösung einzelner Fragmente so dass dieselben herausfallen. Die Fissuren laufen in der Sagittalnaht quer über die Stirne und beide Scheitelbeine. Vom Einschuss aus gehen 4 Fissuren quer rück- und abwärts. Am Ausschuss sind mehrere kleinere Stücke ganz aus dem Zusammenhang ausgelöst. Die Fissuren ebenso zahlreich.

13. Rose. Am Einschuss die Haut in einer Ausdehnung von etwa 6 cm zerrissen, Hirn in grosser Intensität heraushängend. Ausschuss stellt einen Längsriss dar von 8,5 cm Länge, 5,5 cm Breite mit sternförmig eingerissenen Rändern. Das blossgelegte Schädeldach zeigt unregelmässigere Fissuren als beim Kupferschuss. Es kann ohne

Mühe in seine Fragmente auseinandergenommen werden. Die Fragmente sind viel zahlreicher als beim Kupfer. Das rechte Orbitaldach zersplittert. Das linke Schläfenbein und das ganze Hinterhauptbein in zahlreich grössere und kleinere Fragmente zerfallen.

d) Schüsse auf den Larynx mit normaler Weichtheilbedeckung.[1]) Distanz 3 m.

14. Vetterli, stärkste Geschwindigkeit, Blei. Einschuss 20 mm auf 13 mm, unregelmässig, oval, (rechterseits). Ausschuss

1) Die Schüsse in den Larynx sind s. Z. hauptsächlich mit Rücksicht auf die lebhaften Discussionen vorgenommen worden, zu denen der Stabio-Process in Tessin verschiedenen italienischen chirurgischen Autoritäten Anlass geboten hatte. Namentlich werden dadurch die mit grosser Beredsamkeit und sehr bedeutendem Erfolg vorgetragenen Behauptungen Albertini's illustrirt. Dieser Chirurg behauptete, gestützt auf eine grosse Zahl von Experimenten, dass bei den neueren konischen Geschossen der Einschuss stets dem Durchmesser des letzteren entspreche, mit Ausnahme der Fälle, wo durch sehr schräges Auffallen oder Ricochettiren oder durch die Kleider das Geschoss eine Formveränderung erlitten habe. Er wies deshalb die Annahme ganz bestimmt zurück, dass eine 2½ cm grosse Einschussöffnung sich auf einen Schuss aus dem schweizerischen Ordonnanzgewehr (Vetterli) aus grosser Nähe zurückführen lasse. Unsere paar Experimente ergeben ein den Albertini'schen Behauptungen genau entgegengesetztes Resultat. Die Distanz wurde auf 3 m gewählt, der Schuss direct auf eine genau markirte Stelle der rechten Larynxseite abgegeben, so dass das Geschoss den Larynx von einer Seite zur andern durchbohren musste. Von einem schrägen Auftreffen, vom Ricochettiren oder Difformirung des Geschosses konnte hier keine Rede sein. Und gerade die aus dem Vetterli-Gewehr abgegebenen Schüsse bewirkten eine Zerstörung des Kehlkopfs, welche recht genau auf die Schilderung passte, wie sie im Stabio-Process von den erstuntersuchenden Aerzten abgegeben worden ist. Der Pistolenschuss dagegen ergab eine ungleich geringere Zerstörung, vollständig abweichend von obiger Schilderung.

Die Behauptung Albertini's, dass die modernen cylindrokonischen Geschosse eine Einschussöffnung bei senkrechtem Einfallen bedingen, welche genau dem Querdurchmesser des Geschosses entspricht, wird durch unsere zahlreichen Experimente zur Genüge bestätigt für alle diejenigen Körperstellen, wo nicht unmittelbar unter der Haut ein fester Widerstand aufliegt. Schiesst man dagegen aus grosser Nähe auf die Vorderfläche des Unterschenkels oder auf den Thorax, wo die Rippen vorragen, so erhält man eine sehr erhebliche Vergrösserung des Einschusses. An der Tibia fand sich bei einem Experiment ein langer ½ handtellergrosser Einschuss der Haut; am Thorax bei Fracturirung zweier anstossender Rippen ein Hauteinschuss von 2 auf 3 cm. Diese Vergrösserung erklärt sich aus der Difformirung des Bleigeschosses beim Auf-

4 auf 2,5 cm, ebenfalls unregelmässig, mit zerrissenen Rändern. Cartilago thyreoidea vollständig zerrissen. Stücke des Knorpels von mehr als 1 cm Durchmesser sind nach der Ausgangsöffnung mit gerissen. Von der rechten Platte ungefähr die obere Hälfte erhalten, von der linken ein in mehrere Stücke gebrochener Theil, von ca. 1 qcm an der Vereinigungsstelle; ein doppelt so grosses Stück am hinteren Rand. Hinten sind die Aryknorpel deutlich zu sehen; Ringknorpel intact. Am vorderen Umfang ist die Verbindung mit dem Zungenbein und Cartilago cricoidea nur in Form einer Fascienbrücke erhalten.

15. Schuss wie der vorige. Einschuss rechts queroval, von 2 auf 1 cm, etwas unregelmässig rundlich. Ausschuss von 4 cm. Zwischen beiden eine Hautbrücke von 1 cm Breite. Larynx vollständig auseinandergefahren, nur noch in einzelnen Splittern vorhanden. Auch die Cartilago cricoidea am vorderen Umfange fracturirt. Das Zungenbein in seinem Körper gebrochen, die anstossende Musculatur zerfetzt.

16. Schuss mit Ordonnanzpistole 18 mm Durchmesser, Distanz des Einschusses und Ausschusses 4 cm. Einschuss 6 mm, Ausschuss gleichgross; beide von unregelmässigen Rändern. Auf der rechten Platte der Cartilago thyreoidea findet sich ein Einschuss kleiner als der Hauteinschuss, dreieckig. An der linken Platte ein Ausschuss ohne Defect in Form eines H förmigen Risses mit auswärts gekrümmten Rändern des zerrissenen Knorpels.

e) Schüsse auf die obere Extremität mit normalen Weichtheilen. Distanz 8 m.

17. Vetterli-Ordonnanz. Rechter Vorderarmschuss oben. Beide Knochen fracturirt. Die obere Ulnaepiphyse ausgedehnt gesplittert, zahlreiche Splitter auch rückwärts aufgeklappt, Fissuren auf der Knorpelfläche der Ulna; die Splitterung geht etwa 4 cm abwärts.

18. Vetterli-Ordonnanz. Oberarmkopf rechts. Die obere Epiphyse des Humerus vollständig zertrümmert. Der Knorpelüberzug des Kopfes ist in kleine Stücke zerrissen. Die Zerstörung

---

treffen auf den festen Widerstand, zum Theil auch durch das Zurückfahren von Trümmern des unterliegenden Knochens. Unsere Experimente beweisen, dass schon der Widerstand einer Schildknorpelplatte bedeutend genug ist, um ähnliche Vergrösserung des Einschusses zu bewirken bei Nahschuss mit dem schweizerischen Ordonnanzgewehr. Die abweichenden Resultate Albertini's können wir uns bis auf weitere Belehrung nicht anders erklären als dadurch, dass er nicht die richtigen Ordonnanzgeschosse oder -gewehre bei seinen Versuchen zur Verfügung hatte.

Man wolle aus unseren Badkastenexperimenten ersehen, dass selbst reine Flüssigkeiten, durch eine gespannte Membran zusammengehalten, ein Bleigeschoss stärkster Geschwindigkeit pilzförmig breitzuquetschen vermögen durch den plötzlichen Widerstand, während die Difformirung bei geringerer Geschwindigkeit fehlt.

geht bis zum chirurg. Hals hinunter; der Kopf zeigt sich in ganzer Dicke zertrümmert. Der Knorpel der Pfanne ist intact.

19. Vetterli. Geschwindigkeit 150 m. Linker Vorderarmschuss. Sehr kleiner Einschuss, kleiner als der Geschossdurchmesser, noch kleinerer sternförmiger Ausschuss. Fleischschusskanal ziemlich cylindrisch.

20. Vetterli. 150 m Geschwindigkeit. In den linken Oberarmkopf. Kleiner Einschuss, noch kleinerer sternförmiger Ausschuss. Am vorderen Umfange des Humeruskopfes ein dem Durchmesser der Kugel entsprechender Einschuss. Auf der Rückfläche des Kopfes am anatom. Halse ein Riss von stark 1 cm Länge mit kurzen Sprüngen nach den Seiten und herausgewälzten Rändern. Beim Durchsägen zeigt sich, dass die Spongiosa nur wenig über den Durchmesser der Kugel hinaus zertrümmert ist und dass der Schusskanal fast cylindrisch verläuft.

21. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. In den Vorderarm rechts. Sternförmiger, gerissener Einschuss von 3 cm. Ausschuss von 8 cm in Längsrichtung, mit heraushängender Musculatur. Vorderarmknochen etwa 4 cm unterhalb des Gelenkes ausgedehnt zersplittert, Splitter sehr klein. Fractur betrifft nur den Radius, Ulna intact.

22. Rosemetall. Normalgeschwindigkeit. Vorderarmschuss. Einschuss dem Geschoss entsprechend, unregelmässig. Colossaler Ausschuss von 17 cm Länge, mit ausgedehntester Zerreissung der Musculatur. Radius und Ulna in zahlreiche Splitter zersprengt, in der Ausdehnung des oberen Viertels ihrer Länge.

23. Rose, Normalgeschwindigkeit. Linker Oberarmkopf. Einschuss dem Durchmesser der Kugel entsprechend, ebenso der Ausschuss. An der Vorderfläche des Humeruskopfes ein dem Hautausschuss entsprechender Einschuss. Humeruskopf ist vollständig auseinander gesprengt, immerhin nicht so vollständig zertrümmert, wie bei Bleigeschoss von derselben Geschwindigkeit. Man sieht noch den Ausschuss mit sternförmigen Rissen. Die Splitterung geht bis zum chirurg. Hals herunter.

24. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Humerusdiaphyse, rechts. Einschuss der Kugel entsprechend, Ausschuss ein 4 cm langer Längsriss. Die Diaphyse ist unmittelbar unter dem chirurg. Halse gesplittert. Die Splitterung geht nicht in den Kopf hinein. Die Markhöhle erscheint vollkommen leer an der betreffenden Stelle. Fissuren abwärts sind keine vorhanden. Ausdehnung der Zersplitterung ungefähr 5—6 cm.

f) Schüsse auf die untere Extremität mit normaler Weichtheilbedeckung.

25. Vetterli-Ordonnanz. Tibiakopf. Am Einschuss fällt die Rückwärtsbiegung der Tibiasplitter sehr in die Augen. Die Tibiaepiphyse bis etwa 8 cm unterhalb der Spina tibiae zeigt sich ausgedehnt zertrümmert. — Sehr zahlreiche Trümmer sind nach dem Aus-

schuss zu mit zerfetzter Musculatur mitgerissen. An der Knorpelfläche des Condylus intern. zahlreiche Sprünge. Kopf der Tibia abgebrochen. Das Innere des Tibiakopfes ist vollständig ausgehöhlt.

26. Vetterli, 150 Geschwindigkeit. Linker Tibiakopf. Sehr kleiner Einschuss, dem Durchmesser des Geschosses nicht einmal entsprechend. Auf der Innenfläche des Tibiakopfes ein dem Geschoss entsprechender runder Einschuss. Keine Fissuren. An der Rückfläche unterhalb des Cond. int. ein etwas grösserer Ausschuss als der Einschuss, gerissen, von etwa 2 cm Länge. Der Schuss durch den Knochen bildet einen genau abgegrenzten Kanal.

27. Kupfer. Tibiakopf. Rechts. Einschuss ein Riss von 3 cm Länge. Ausschuss ebenfalls ein unregelmässiger Riss von derselben Länge, unregelmässiger als der Einschuss. Oberflächlicher Streifschuss des Tibiakopfes auf der Aussenseite. Fractur des Tibiakopfes mit starker Splitterung. — Keine Splitterung der Tibiadiaphyse.

28. Rose. Tibiakopf. Links. Einschuss in der Haut dem Geschoss entsprechend; Ausschuss 5 auf 3 cm, unregelmässig, zerrissen. Man sieht im Tibiakopf einen deutlichen Kanal. Ausschuss etwa doppelt so weit als Einschuss. Eine Längsfissur zwischen beiden Condylen geht bis in das Gelenk herein. Im Uebrigen die Knorpel intact. Schräge Fissuren gehen beiderseits abwärts, so dass die Condylen für sich beweglich sind. Auch die Fibula ist fracturirt, durch seitliche Berührung der Kugel.

29. Vetterli, stärkste Geschwindigkeit. In die Diaphyse des rechten Oberschenkels. Einschuss der Grösse der Kugel entsprechend, Ausschuss 19 cm lang, vertical, Musculatur herausquellend. Oberschenkel im oberen Drittel zersplittert. Zahlreiche Corticalsplitter zum grössten Theil am Periost hängend. Ausdehnung der Splitterung ca. 18 cm, auf der Rückfläche ungleich stärker als auf der Vorderfläche.

30. Vetterli, 150 m Geschwindigkeit. Linke Oberschenkeldiaphyse. Einschuss klein, ohne Defect, gar kein Ausschuss. Oberschenkeldiaphyse oberhalb der Mitte fracturirt. Stücke des Geschosses sehr stark deformirt und abgeplattet an der vorderen Fläche des Femur, bis unter die Haut der Rückfläche gedrungen. Mehrere sehr grosse Splitter. Ausdehnung der Splitterung etwa 11 cm. Splitterung weniger ausgedehnt, als beim Schuss mit starker Geschwindigkeit; die einzelnen Splitter grösser, namentlich länger.

31. Kupfer. Normalgeschwindigkeit. Oberschenkeldiaphyse. Rechts. Einschuss der Kugelgrösse entsprechend. Rissförmiger Ausschuss von 9 cm Länge, etwas schräg. Femur in der Mitte fracturirt mit sehr zahlreichen kleinen Splittern. Markhöhle leer. Ausdehnung der Splitterung 9 cm; geringer als beim Blei.

32. Rose. Normalgeschwindigkeit. Oberschenkeldiaphyse. Links. Einschuss der Kugelgrösse entsprechend. Ausschuss von 20 cm Länge in Form eines Längsrisses mit stark zerrissener Musculatur. Fractur des unteren Femurdrittels mit Zersplitterung.

Kleine Splitter weniger zahlreich als bei Kupfer. Länge der Splitterung etwa 8 cm. Einschuss an der Vorderfläche des Knochens zu sehen. Ausserordentlich viel stärkere Splitterung nach der Ausschussseite des Knochens.

g) Herzschuss.

33. Kupferschuss. Normalgeschwindigkeit. An der Vorderfläche des Herzens findet sich ein unregelmässiger zerrissener Einschuss von 5 cm mit Zerreissung des Septums und Oeffnung des linken Ventrikels. Ein Ausschuss von 3 auf 3 cm sternförmig gerissen, an der linken Wand des rechten Ventrikels.

h) Fleischschüsse (Adductoren am Oberschenkel).

34. Vetterli-Ordonnanz. Einschuss dem Geschoss entsprechend. Ein gewaltiger Ausschuss von 10 auf 10 cm, quer gerissen, mit heraushängender Musculatur. Adductorenmuskeln in grösserer Ausdehnung zertrümmert.

35. Vetterli, 150 m. Adductoren, links. Kleiner Ein- nicht grösserer sternförmiger Ausschuss. Enger Kanal zwischen beiden.

36. Rose. Normalgeschwindigkeit. Links. Kleiner Einschuss, Ausschuss im Gesäss, nicht grösser als der Einschuss. Musculaturzertrümmerung in geringer Ausdehnung.

i) Schüsse auf feuchte Knochen mit den normalen Weichtheilen bekleidet.

Blei. Geringe Ladung 1,18 = 150 m Geschwindigkeit 8 m Distanz.

37. Schuss durch die Adductorenmasse, Geschoss vorne schräg abgeplattet. Länge 22 mm.

38. Schuss durch das Os ilei. Geschoss vorne unregelmässig mit Knochenpartikeln. Länge 24 mm.

39. Schuss durch die Scapula. Analog dem vorigen, nur das Blei am vorderen Ende etwas stärker zerrissen.

40. Schuss durch die obere Tibiaepiphyse. Geschoss vorne unregelmässig mit Knochenpartikeln. Länge 24 mm. Fast ganz wie bei Os ilei.

41. Schuss durch den Humeruskopf. Geschoss am vorderen Ende unregelmässig. Länge normal.

42. Schuss auf die Femurdiaphyse. Geschoss in mehrere Fragmente zerrissen im Femur steckend.

k) Schuss mit Kupfer. Distanz 8 m. Stärkste Geschwindigkeit.

43. Durch das Herz geht das Geschoss unverändert hindurch.

44. Ebenso durch das Os ilei.

45. Bei Schuss auf den Humeruskopf einige Vertiefungen am vorderen Ende des Geschosses.

46. Bei Schuss auf die Oberschenkeldiaphyse stärkere Vertiefungen am vorderen Ende. Verkürzung auf 24 mm.

47. Bei analogen auf trockene Femurdiaphyse ist das Geschoss völlig intact.

SECHSTES KAPITEL.

Theoretische Ergebnisse.

Wenn ein mit einer bestimmten lebendigen Kraft begabtes Geschoss in seinem Fluge durch ein Ziel aufgehalten wird, so verliert es je nach der Natur des Zieles einen Antheil seiner Geschwindigkeit. Der damit verbundene Kraftverlust muss gemäss dem Gesetze der Erhaltung der Kraft in anderer Form wieder zum Vorschein kommen. Nehmen wir zwei Extreme, ein Ziel, welches das Geschoss vollständig aufhält ohne eine constatirbare Aenderung zu erleiden und ein Ziel, welches einen äusserst minimen Widerstand bietet, so wird in ersterem Falle die Geschwindigkeit gleich Null und der entsprechende Antheil lebendiger Kraft wird nach gewöhnlicher Annahme ganz in moleculäre Bewegung umgesetzt, welche uns als Wärme sich kundgibt. Dieses kann bei einer Eisenscheibe annähernd der Fall sein. Ist der Widerstand minim wie bei einem Papierbogen, so reisst das Geschoss mit kaum verringerter Geschwindigkeit die getroffenen Theile mit sich, aus dem Zusammenhange mit den anstossenden Theilchen heraus. Diese Zerreissung kommt zu Stande ohne merkliche Wärmeentwicklung und wird letzterer als eigentliche Arbeitsleistung gegenüber gestellt. Bei einem Ziele, dessen Widerstand in der Mitte zwischen beiden liegt, kann ferner eine Arbeitsleistung in der Weise stattfinden, dass die zunächst getroffenen Theile die anliegenden mitziehen eine Strecke weit, und dass Continuitätstrennungen zwischen nicht direct betroffenen Theilchen in Linien geringerer Cohäsion (grösserer Spaltbarkeit) sttatfinden. So bei Glasscheiben.

Allein mit dieser moleculären Bewegung, welche sich in Erhitzung äussert und mit der Arbeitsleistung in Ueberwindung der Cohäsion zwischen getroffenen oder mitverschobenen Theilchen und ihren Nachbarn d. h. mit der Mitbewegung ist die Wirkung des Geschosses auf das Ziel nicht erschöpft. Vielmehr wird ein Antheil der lebendigen Kraft umgesetzt in das, was man als eine besondere Art von Erschütterung auffassen könnte. Zur Illustration dieser Wirkung werden die Versuche aufgeführt, wo ein Ziel bei einem ersten und zweiten Schuss ganz unverändert erscheint, bei einem dritten plötzlich auseinander fällt. Wie wenig man aber dieselbe zu würdigen verstanden hat, beweisen die ausserordentlich gesuchten Erklärungen, welche man für die Sprengwirkung der modernen Kleingewehrgeschosse namentlich bei festen Körpern beigebracht hat. Wir glauben durch unsere Versuche eine klarere Anschauung dieser Wirkung angebahnt zu haben. Dieselbe ist durchaus zu trennen von der mitgetheilten Bewegung, welche die Theilchen durch Verschiebung in der Richtung des Geschosses auseinander reisst.

Während die Zerreissung auf der fortdauernden oder Nachwirkung der einwirkenden Gewalt in einer bestimmten Richtung beruht, wird diese „Erschütterung" durch den momentanen Stoss zu Stande gebracht, welcher auf eine gewisse Zahl gleichzeitig getroffener Körpertheilchen ausgeübt wird und sich nach allen Seiten der Umgebung mittheilt, also natürlich auch in der Richtung des Geschosses. Zum Unterschied von der Veränderung, welche zur Wärmeentwicklung führt, findet bei dieser Erschütterung die Verschiebung zwischen kleinsten Massentheilchen statt. Sie führt deshalb auch in ihren höheren Graden zu groben Zusammenhangstrennungen, analog der Zerreissung, während die höheren Grade der Veränderung, auf denen die Wärmeentwicklung beruht, zur Veränderung des Aggregatzustandes des Körpers führen.

Da nun die Physik den Begriff der Erschütterung enger fasst, überhaupt diese Bezeichnung, so gut sie hier passen würde, leicht Anlass zu Missverständnissen geben kann, so haben wir es vorgezogen, den Ausdruck der Sprengung zu benutzen.

Es wird also die lebendige Kraft beim Auftreffen auf ein Ziel,

soweit Geschwindigkeit dabei verloren geht, in drei Kräfte zerlegt, in Wärme, Sprengkraft und Durchschlagskraft, wie letzterer Antheil, welcher Zieltheile herausreisst, benannt zu werden pflegt.

Ein Geschoss von 20,2 grm Gewicht, begabt mit einer Geschwindigkeit von 410 m nach Durchlaufen von 30 m Distanz, wie es für das schweizerische Ordonnanzgewehr von Hrn. Schenker berechnet ist, besitzt nach der Formel $E = \frac{0,0202 \times 410^2}{2 \times 9.81}$ eine lebendige Kraft von 173,07 Kilogrammmeter, eine kolossale Wirkung, wenn man sich dieselbe etwa dadurch illustrirt, dass man das Geschoss auf eine an einer Schnur hängende Schale einwirkend denkt, welche über eine Rolle am andern Ende der Schnur 173 kgrm Belastung hätte und durch die Wirkung des Geschosses dieses Gewicht 1 m hoch emporheben würde. Wir sind nun freilich nicht im Falle anzugeben, wie sich diese Kraft auf die einzelnen Faktoren, in welche sie sich zerlegt beim Auftreffen vertheilt. Das lässt sich durch Rechnung zeigen, dass bei der für die grosse Mehrzahl der Gewebe so sehr unbedeutenden Abschmelzung der Verlust an lebendiger Kraft durch Wärmeentwicklung nicht erheblich ins Gewicht fällt.

Wenn man bedenkt, dass selten über 0,5 grm Blei abgeschmolzen wird, so bedarf es hierzu bei 15° 0,0077 Wärmeeinheiten entsprechend einer lebendigen Kraft von 3,265 Kilogrammmeter (Forster).

Aber auch die Durchschlagskraft absorbirt von der lebendigen Kraft nur einen relativ geringen Antheil. Wir haben nachgewiesen, dass noch bei einer Geschwindigkeit von 200 m und darunter ein Geschoss, selbst wenn es den Knochen trifft, durchzuschlagen vermag. Bei 200 m Geschwindigkeit hat aber das Vetterli-Geschoss eine lebendige Kraft von blos 41,1 km. Es bleiben also noch 3/4 der lebendigen Kraft (bei stärkster Geschwindigkeit) für die Umsetzung in Sprengkraft disponibel. Es darf ausserdem erwähnt werden, dass die Verkürzung des Bleigeschosses, welche dasselbe im menschlichen Körper durch den Anprall erleidet, schon durch eine Kraft von 6—7 Kilogrammmeter bei Fallexperimenten zu Wege gebracht wird.

Es lohnt sich desshalb wohl, die Einflüsse zu untersuchen,

welche die Sprengkraft zu vermehren geeignet sind. Denn wie für die Wärmeentwicklung das Gesetz gilt, dass dieselbe um so geringer ausfällt, je grösser die eigentliche Arbeitsleistung ist in Erzielung mechanischer Effecte, so ergeben unsere Versuche auch ein bestimmtes Wechselverhältniss zwischen Sprengkraft und Durchschlagskraft. Dieselben Veränderungen der Geschosse, welche den einen Faktor vermehren, vermindern den andern, während andere Momente gleichsinnig auf beide wirken. Zu den letzteren Momenten gehört die Geschwindigkeit.

Entsprechend dem Quadrat der Geschwindigkeit nimmt die lebendige Kraft zu und bei grösserer lebendiger Kraft ist Durchschlagskraft sowohl als Sprengkraft unter übrigens gleichen Bedingungen erhöht, allein für die uns bei der Geschosswirkung auf den menschlichen Körper speciell interessirenden Ziele doch in wesentlich verschiedener Weise.

Die Sprengkraft fängt bei gewissen Zielobjecten erst da an erhebliche mechanische Wirkung zu äussern, wo die Durchschlagskraft schon ihr Maximum längst erreicht hat, also puncto Wirkung auf ein bestimmtes Ziel einer Steigerung nicht mehr fähig ist. Jene nimmt dann bei höheren Geschwindigkeiten rasch zu, man braucht nur einmal gesehen zu haben, wie ein Geschoss von 400 m Geschwindigkeit einen Schädel auseinander sprengt, so dass die einzelnen Stücke weit auseinander fliegen, während es ihn bei 200 m nur durchbohrte, um eine Schätzung über die Intensität dieser Sprengkraft zu gewinnen.

Wenn man von schwacher zur grösstmöglichen Geschwindigkeit der Geschosse ansteigend beispielsweise auf einen trockenen Röhrenknochen schiesst, so ist die erste sichtbare Wirkung die der Spaltung in der Richtung geringster Cohäsion durch Mitbewegung der direct getroffenen Knochentheilchen, dann kommt die Combination der Fissurirung mit Defectbildung, indem die unmittelbar betroffenen Theile in der Richtung des Geschosses mitgerissen werden, endlich kommt der Höhepunkt, wo ein fast reines Loch, der Grösse des Geschosses entsprechend, mit herausgerissen wird. Damit ist das Maximum der Durchschlagskraft erreicht. Jede noch so erhebliche Verstärkung der Geschwindigkeit kann nun für die Durchschlagskraft keinen Gewinn mehr bringen.

Aber jetzt beginnt die Sprengkraft palpable Leistungen zu ergeben. Der Stoss, welchen die Theilchen des Knochens im Momente des Auftreffens des Geschosses erleiden, pflanzt sich mit solcher Kraft fort, dass trotz der sofortigen Zusammenhangstrennung der direct betroffenen Theilchen und ihrer Nachbarn, also trotz jeglichen Fehlens einer zeitlichen Nachwirkung des Stosses derselbe auf weite Distanzen hingelangt und Verschiebung der Theilchen in Form ausgedehnter Zersplitterung und Zerreissung zur Folge hat. Je stärker nun die Geschwindigkeit wächst, desto heftiger und desto weiter nach allen Seiten pflanzt sich der Stoss fort und die Zerreissung wächst deshalb an Intensität und Ausdehnung. Wir meinen damit nur ein mögliches Beispiel zum Besten zu geben, da wir ja früher zeigten, dass für trockne Diaphysen Sprengung nicht vorkommt.

Gerade dieses sehr abweichende Verhalten, bei zunehmender Geschwindigkeit, nämlich der Concentration der Durchschlagskraft je mehr und mehr auf einen Punkt und der Ausdehnung der Sprengkraft auf grössere Distanzen hin, beweist, dass diese Faktoren nicht einfach zusammengeworfen werden dürfen. Ausserdem wie gesagt, hat bei dem gleichen Ziel die eine dieser Kräfte bereits das Maximum ihrer Wirksamkeit erreicht, wo die andere erst anfängt. Zunahme der Geschwindigkeit wirkt also für beide Kräfte fördernd aber von verschiedenen Grenzen an.

Andere Componenten dagegen der lebendigen Kraft wirken in verschiedener, zum Theil geradezu in entgegengesetzter Weise auf jene beiden Kräfte ein. Das specifische Gewicht des Geschosses vermehrt die Durchschlagskraft in evidenter Weise. Dies zeigt sich bei Schüssen, wo die Sprengkraft noch gar nicht oder beschränkt in Frage kommt, also bei geringeren Geschwindigkeiten oder härteren Zielen, so bei den Schüssen auf Sandstein- und Eisenplatten, auf Bleiplatten. Bei der Sprengkraft übt das specifische Gewicht einen ungleich geringeren Einfluss aus, so dass er namentlich bei denjenigen Zielen, wo die Sprengwirkung sich besonders leicht fortpflanzt, wie Flüssigkeiten, Glas, fast vollständig in den Hintergrund tritt. Die Erklärung dafür, dass das specifische Gewicht auf die Sprengkraft so viel weniger Einfluss ausübt, als auf die Durchschlagskraft, liegt ganz einfach darin, dass

erst bei höheren Graden lebendiger Kraft überhaupt die Sprengkraft in deutlicher Weise zu Tage tritt. Da aber die lebendige Kraft proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit und nur einfach proportional der Masse wächst, so erhält mit Zunahme der lebendigen Kraft die Geschwindigkeit einen stets stärker überwiegenden Einfluss.

Noch evidenter ist der Unterschied des Einflusses des Volumen der Geschosse auf Sprengkraft einer- und Durchschlagskraft anderseits. Die Vermehrung des Volumen kommt hauptsächlich nach Maassgabe der gleichzeitigen Vergrösserung des Querschnittes oder Querdurchmessers des Geschosses in Betracht. Zunahme des Querdurchmessers vermindert die Durchschlagskraft und vermehrt die Sprengkraft. Der Umfang in welchem Theilchen des Zieles getroffen werden, ist grösser, deshalb müssen auch mehr Theilchen aus ihrem Zusammenhang mit der Umgebung losgerissen werden und da sich dies von Querschnitt zu Querschnitt des Zieles wiederholt, so müssen eine grössere Summe von Cohäsionskräften überwunden werden, daher geringere Durchschlagskraft. Bei der Sprengkraft dagegen kommt die Gewalt des ersten Anpralles in Frage. Je mehr Theilchen gleichzeitig diesen ersten Stoss aufnehmen, desto mehr können ihn auch mittheilen, daher ist die Sprengkraft vermehrt.

Es ist nach Obigem klar, dass die Masse des Geschosses, welche sich aus dem Volumen × specifisches Gewicht zusammensetzt, einen sehr verschiedenen Einfluss ausüben muss auf die Schusswirkung, je nachdem sie durch Zunahme des specifischen Gewichtes oder des Volumen vergrössert wird. Bei geringen Geschwindigkeiten und bei Zielen von grösserer Festigkeit, wo hauptsächlich die Durchschlagskraft, dagegen die Sprengkraft noch kaum in Betracht kommt, wird daher Vermehrung der Masse durch das specifische Gewicht den Effect wesentlich erhöhen, bei starken Geschwindigkeiten und Zielen geringeren Widerstandes dagegen, wo das Maximum der Durchschlagskraft schon überschritten ist, aber die Sprengkraft noch der Verstärkung zugänglich ist, wird Vermehrung der Masse durch grösseres Volumen einen Effect ergeben, welcher mehr in die Augen springt.

Wenn Variationen im Volumen, namentlich der Grösse des

Querschnittes unter Umständen von Einfluss sind, so muss nothwendig auch Härte und Schmelzpunkt des Geschossmetalls von Bedeutung sein, soweit ein Widerstand Difformirung und Zerbröckeln des Geschosses herbeizuführen vermag. Sobald ein Ziel härter ist als das auftreffende Geschoss, so ist a priori anzunehmen, dass letzteres eine Abplattung erleiden wird. Die Kieselversuche zeigen unter anderen, dass das stark sich deformirende Blei schon stecken bleibt, wo Kupfer noch durchschlägt und dass in demselben Maasse die Sprengwirkung bei ersterem stärker ist als bei letzterem.

Allein es bedarf gar nicht einmal eines Zieles von grösserer Festigkeit als das Geschoss besitzt. Unsere Badkastenversuche zeigen vielmehr zu aller Evidenz, dass das Geschoss bei einer grösseren Höhe der Geschwindigkeit sich einen Widerstand selber schafft und an demselben Ziele sich deformirt, durch welches es ohne Difformirung durchgeht bei geringerer Geschwindigkeit. Die Kraft ist zwar gross genug, um die zunächst getroffenen Theilchen aus ihrem Zusammenhang herauszureissen, aber das Geschoss dringt so rasch vor, dass diese Zusammenhangstrennung nicht rasch genug zu Stande kommen kann. Es ist dies der höchsten Beachtung werth, da darin wohl die richtige Erklärung für die Sprengwirkung bei höherer Geschwindigkeit gefunden werden kann.

Bei geringster lebendiger Kraft bewegt das Geschoss die getroffenen Theile in seiner Richtung mit durch Mittheilung seiner Geschwindigkeit, hat aber nicht die Kraft, sie herauszureissen. Mit zunehmender Geschwindigkeit bekommt es letztere Kraft und zwar auf einer gewissen Höhe so, dass im Momente des Treffens die Theilchen herausgerissen werden und die Geschwindigkeit des Geschosses sofort annehmen können. Bei noch höherer Steigerung der Geschossgeschwindigkeit aber, wo doch die lebendige Kraft mehr als genug erhöht ist, um die Cohäsionstrennung gegen die Nachbarschaft zu bewirken, kann letzteres nicht rasch genug geschehen, um den Theilchen die Geschwindigkeit in der Richtung des Geschosses ganz zu übertragen. Während dieser, wenn auch noch so minimalen Zeit des Zustandekommens der Zusammenhangstrennung überträgt sich ein grösserer Theil der Geschwindigkeit

resp. lebendiger Kraft an das ganze Ziel und von dieser Grenze ab beginnt die Sprengwirkung; die Difformirung des Geschosses ist der rückwirkende Ausdruck dieses Aufenthaltes desselben.

Wir finden ähnliche Verhältnisse wie für die Difformirung auch für die Schmelzung. Auch für diese hat schon Busch nachgewiesen, dass bei vermehrter Geschwindigkeit ein geringerer Widerstand genügt, Erhitzung bis zur Schmelzung zu erzielen, als bei schwächerer Geschwindigkeit. Da eben trotz aller Vermehrung der lebendigen Kraft die Arbeit einer Zerreissung eine gewisse Zeit braucht, so muss natürlich ein Geschoss von 400 m Geschwindigkeit in 1 Secunde in derselben Zeit eine grössere Einbusse erleiden, als ein solches mit 50 m Geschwindigkeit in 1 Secunde. Die Geschwindigkeit, welche mehr abgegeben wird, setzt sich aber in Verschiebung der Theilchen nach den Seiten, in Sprengkraft und soweit diese ohne Erfolg bleibt oder ihrerseits zur Ausführung dieses Erfolges wieder zu viel Zeit beansprucht, in moleculare Bewegung, in Wärme um.

Es ist also damit in die Beurtheilung und Berechnung der Vertheilung der lebendigen Kraft in andere Kräfte bei der Schusswirkung noch ein neues Princip eingeführt, nämlich: Es genügt zur Bestimmung, wie viel von der lebendigen Kraft eines Geschosses für ein bestimmtes Ziel in Durchschlagskraft einer-, Sprengkraft und Wärme anderseits umgesetzt wird, nicht, den Widerstand resp. die Festigkeit des Zieles mit der lebendigen Kraft des Geschosses zu vergleichen, sondern es muss noch gefragt werden, wie viel Zeit bei einer bestimmten Geschwindigkeit das Geschoss zur Effectuirung der einen oder anderen dieser Wirkungen von nöthen hat. Jeder Zeitverlust bei Erreichung der Durchschlagswirkung kommt der Sprengwirkung und Wärmebildung zu Gute.

Wir haben umgekehrt durch vergleichende Schüsse mit Rose dargethan, dass Schmelzung des Geschosses die Durchschlagskraft erheblich beeinträchtigt, die Seitenwirkung erhöht. Man vergleiche die Schüsse auf Bleiplatten und andere.

SIEBENTES KAPITEL.

Praktische Schlussfolgerungen.

Die Wirkung der lebendigen Kraft beim Auftreffen eines Geschosses auf den menschlichen Körper, soweit sie überhaupt auf letzteren unter Abnahme der Geschwindigkeit sich überträgt, vertheilt sich auf einen Antheil, der den Widerstand der Gewebe in der Richtung des Vordringens des Geschosses überwindet, und einen zweiten Antheil, welcher zur Ueberwindung des Zusammenhangs der seitlich anstossenden Gewebe bis auf variable Entfernungen hin verwerthet wird, endlich einen dritten Antheil, welcher eine Erwärmung von Ziel und Geschoss zur Folge hat.

Die Bedeutung der Erwärmung haben wir dahin abgeklärt, dass sie als Hitzewirkung auf die Gewebe gar nicht in Frage kommt, dagegen in Folge leichterer Difformirung und selbst Schmelzung des Geschosses den Schusseffect beeinflussen kann und zwar sowohl durch Verminderung der Durchschlags-, als durch Vermehrung der Sprengkraft. Man kann sie also diesen zwei Hauptwirkungen unterordnen.

Es ist wichtig, für verschiedene Waffen- und Geschossarten die Grösse des einen und andern der obigen Antheile im menschlichen Körper einigermassen zu bestimmen. Denn es liegt auf der Hand, dass die beiden Hauptwirkungen für den Zweck, welchen man beim Schiessen auf den Gegner im Auge hat, durchaus nicht gleichwerthig sind, noch weniger gleichgültig vom Standpunkte des internationalen Verbandes des rothen Kreuzes aus.

Alles, was man bei unserer gegenwärtigen humanen Kriegführung unter civilisirten Nationen von der Wirkung eines Klein-

gewehrschusses verlangen kann, ist dies, dass dadurch ein Gegner momentan kampfunfähig gemacht werde. Jedes Geschoss nun, welches in eine gewisse Tiefe der Gewebe eindringt, vollends diejenigen, welche durch den Körper ganz hindurchdringen, machen einen Soldaten kampfunfähig, weil es als grosse Ausnahme betrachtet werden muss, dass eine Schusswunde ohne zweckmässige ärztliche Besorgung von selbst einen guten Heilungsverlauf durchmacht. Freilich wird ein Gegner für eine längere Zeitdauer kampfunfähig, wenn zugleich eine Verletzung des Knochens beigebracht wird. Aber selbst wenn man so weit geht, einem Kriegführenden das Recht zuzugestehen, einen Gegner für möglichst lange Zeit kampfunfähig zu machen, so dürfen wir auf unsere Versuche hinweisen, welche zeigen, in Bestätigung übrigens von längst bekannten Thatsachen, dass ein cylindro-konisches Geschoss mit einer Geschwindigkeit von 150 m nicht nur durch die meisten Gewebe des Körpers hindurch schlägt, sondern Dank der exquisiten Spaltbarkeit des Knochens in gewissen Richtungen, selbst dann, wenn es aufgehalten wird durch die Rindensubstanz der festesten Knochen, diese noch in Folge der Erschütterung, wie ein Steinwurf eine Glasscheibe, zu brechen und splittern vermag. Da nun andererseits aus der Eingangs mitgetheilten Tabelle hervorgeht, dass bei den modernen Gewehrconstructionen die Geschwindigkeit der Geschosse auf jede überhaupt für wirksames Gewehrfeuer in Betracht kommende Distanz nicht unter 150 m hinunter geht, so liegt ganz und gar kein Grund vor, durch irgend eine Nebenwirkung des Geschosses eine Erschwerung der Verwundung herbeizuführen. Im Gegentheil: Sobald wir einmal die Sicherheit haben, auf jede in Betracht kommende Distanz genügende Verwundungen zu erzielen mit der durch moderne Gewehre dem Geschosse mitgetheilten lebendigen Kraft, so ist es unsere Pflicht, darauf bedacht zu sein, alle diejenigen Faktoren auszumerzen, welche die Grösse der Verwundung steigern und unnützerweise neben der erwünschten Kampfunfähigkeit auch eine Lebensgefahr der Verletzten zur Folge haben.

Eine solche Lebensgefahr erwächst aber aus einer Verwundung in dem Maasse mehr, als die lebendige Kraft sich statt in blosse Durchschlagskraft auch in Sprengkraft umsetzt. Dass dieses Maass

sehr verschieden ausfällt, je nach den bei verschiedenen Armeen gebräuchlichen Gewehren und Geschossen, das glauben wir durch unsere Versuche dargethan zu haben.

Zunächst ist gezeigt worden, dass eine Sprengkraft der Geschosse im menschlichen Körper überhaupt nur in Frage kommt von einer gewissen Höhe der Geschwindigkeit an.

Erst von 250 m Geschwindigkeit ab ist der Stoss plötzlich genug, um auch nach den Seiten hin palpable Wirkungen zu üben, zunehmend mit Vermehrung der Geschwindigkeit, allerdings in verschiedenem Grade bei den verschiedenen Weichtheilen. Wo Einschluss in starre Kapseln vorhanden ist, wo die eingeschlossenen Gewebe einen hohen Flüssigkeitsgehalt aufweisen, da ist die Wirkung wesentlich anders als da, wo die Weichtheile fester sind, wo eine elastische Umgebung getroffen wird. Daher die Differenzen zwischen den Sprengschüssen des Schädels und der markhaltigen langen Diaphysen gegenüber den Zerreissungen der Musculatur, der Spongiosa und den Rissen in der Haut.

Der Schädel wird zum Theil in den Nähten, zum Theil unabhängig in verschiedenen Richtungen auseinander gesprengt, die Corticalis der Diaphysen wird in Ausdehnung von 10—20 cm in kleine Splitter zersplittert. Dass dabei die eingeschlossenen halbflüssigen Gewebe wesentlich mitgeschädigt werden, ergibt sich daraus, dass die Markhöhle auf erhebliche Länge ganz geleert ist, das zerfetzte Gehirn zwischen den Sprengstücken heraushängt.

Die Knochenspongiosa wird zu Brei zermalmt, wobei die knorplige Gelenkfläche und die dünne Corticalis, welche sie einschliesst, mit Ausnahme eines kleinen Ein- und Ausschusses intact oder ebenfalls mitzerrissen sind. Die Musculatur ist zerrissen, so dass bis faustgrosse Höhlen entstehen, elastische Fascien zeigen oft nur kleine Oeffnungen und Risse, die Haut ist in Form langer Risse auseinander gerissen. Dass solche Verletzungen auf die Prognose einen bedeutenden Einfluss üben, ist ausser aller Discussion. Wir anerkennen mit der grossen Zahl der Antiseptiker voll und ganz, dass das mechanische Moment bei einer Verletzung vollständig in den Hintergrund tritt gegenüber den septischen Einwirkungen für den Verlauf einer Wunde. Aber gerade die Verhältnisse des Schlachtfeldes sind darnach angethan, die Antisepsis zu

kurz kommen zu lassen und es ist in keiner Weise vorauszusehen, dass in nächster Zeit Vorkehrungen werden getroffen werden können, um jede Schussverletzung sofort unter den Schutz eines antiseptischen Occlusivverbandes stellen zu können. Ist aber einmal ein septischer Stoff zugetreten, so ist die Ausbreitung der Sepsis bei Zermalmung der Gewebe in grösserer Ausdehnung durch den Bluterguss und die sonstigen mortificirten Gewebe bekanntermassen ausserordentlich begünstigt. Wir vertreten ausserdem des Entschiedensten die Ansicht [1]), dass auch von innen her, zumal vom Magendarmkanal aus Infectionsstoffe in besonders vorbereitete Gewebe getragen eine septische Umsetzung zur Folge haben können. Deshalb liegt es im Interesse der Therapie, bezüglich der Indicationen für conservative und radicale Behandlung zu unterscheiden zwischen Nahschüssen und Fernschüssen. Als Nahschüsse sind solche zu definiren, welche auf Entfernungen abgegeben werden, wo die Geschwindigkeit im Momente des Auftreffens über 250 cm beträgt. Für verschiedene Kleingewehre fällt daher die Entfernung verschieden aus. Beim Vetterli-Ordonnanzgewehr der schweizerischen Armee sind alle unter 400 m Distanz abgegebenen Schüsse als Nahschüsse anzusehen. Natürlich wird man auch dann noch einen wesentlichen Unterschied machen zwischen einem Schuss, der auf 200 oder 100 oder 30 oder 10 m Distanz abgegeben ist. Unter 400 m Distanz beginnt ein Theil der lebendigen Kraft des Geschosses sich in Sprengkraft umzusetzen, aber je näher, um so erheblicher wächst diese an.

Wir haben bei zufälligen Verletzungen in Friedenszeiten mehrfach Gelegenheit gehabt, uns von den bedeutenden Zermalmungen der Spongiosa des Knochens, des Marks und der Musculatur zu überzeugen und haben auch die Einsicht zu spät gewonnen, dass eine selbst sehr strenge Antisepsis, wenn sie nicht fast unmittelbar nach der Verletzung zur Anwendung kommt, nur ausnahmsweise genügt, um der Zersetzung Einhalt zu thun. Bei den Nahschüssen hat die Amputation bei den complicirten Splitterbrüchen mit Gelenkeröffnung oder Muskelzertrümmerung eine sehr ausgiebige Anwendung zu finden. Dabei lassen wir die vorzüglichen Resul-

---

1) Vgl. meine Arbeit über Osteomyelitis in Deutsch. Zeitschr. f. Chir. 1879.

tate, welche Volkmann, Socin u. A. selbst bei Knochenzertrümmerung ausgedehnter Art mit antiseptisch-conservativer Behandlung gehabt haben, nicht ausser Augen, glauben aber immerhin solche Erfolge nur einigermassen erhoffen zu dürfen, wenn nicht gleichzeitig grössere Hautwunden bestehen, welche die Asepsis in der Tiefe selbst für kurze Zeit nicht zu gewährleisten vermögen.

Es steht uns nicht zu, darüber zu discutiren, ob es vom militär-technischen Standpunkte aus zulässig wäre, die Geschwindigkeit der Geschosse durch Verminderung der Ladung zu reduciren. Denn wenn wir auch bestimmt behaupten müssen, dass die gegenwärtig erreichte Geschwindigkeit der modernen Gewehrconstruction alle Garantie gibt, auf jede Distanz Kampfunfähigkeit des Gegners zu erzielen, so kann doch aus anderen Gründen dem Techniker wünschenswerth erscheinen, die Geschwindigkeit der Geschosse noch zu steigern. Das aber halten wir vom humanen Standpunkte aus in solchem Falle für eine Forderung des internationalen Rechtes, dass dann auch gewisse Correctionen angebracht werden, welche die Umsetzung der vermehrten lebendigen Kraft in Sprengkraft beschränken.

Von diesem Gesichtspunkte aus möchten wir noch die Einflüsse erörtern, welche ausser dem Hauptmoment der Geschwindigkeit des Geschosses den Umsatz der Wucht der letzteren in Durchschlagskraft und Sprengkraft beeinflussen.

Diese letzteren Faktoren werden ausser durch die Geschwindigkeit durch Modificationen in der Masse des Geschosses in wesentlich verschiedener Weise beeinflusst.

Was zunächst den Einfluss der Masse anlangt, so ist von dem einen Componenten derselben, nämlich dem specifischen Gewicht, die Sprengkraft wenig, die Durchschlagskraft erheblich beeinflusst und zwar in dem Sinne, dass mit Zunahme des specifischen Gewichts erstere wenig, letztere sehr erheblich zunimmt. Es ist demgemäss zur Erhöhung der Durchschlagskraft als ein entschiedener Vortheil zu betrachten, zu den Geschossen specifisch möglichst schwere Metalle zu wählen und in dieser Hinsicht hat das Blei einen unbedingten Vorzug. Diese Forderung stimmt mit der technischen Nothwendigkeit über-

ein, schwere Metalle zu wählen, um einen stetigen Flug der Geschosse zu erzielen, d. h. die Durchschlagskraft auch gegenüber dem Luftwiderstande zu erhöhen. Letzterer ist z. B. bei Aluminiumgeschossen schon so stark, dass verhältnissmässig häufig ein Quereinschlag des Geschosses zu Stande kommt. Es wird auch diese technische Seite der Frage die Hauptsache bleiben, denn wir haben gesehen, dass uns schon die vermehrte Geschwindigkeit des Geschosses alle Garantie für genügendes Durchschlagen des Körpers leistet, so dass wir dieser Zugabe durch specifisch schwere Metalle entrathen könnten.

Die zweite Componente der Masse, nämlich das Volumen, hat zunächst insofern einen Einfluss, als ein grösseres Volumen das Gewicht vermehrt und daher nach Obigem die Durchschlagskraft erhöhen muss. Wir werden die Vergrösserung des Volumen von diesem Gesichtspunkte aus nicht hoch anschlagen können. Einen wichtigen Einfluss aber auf die Schusswirkung hat das Volumen in Anbetracht der Veränderung der Form der Geschosse und zwar speciell der Form des Querschnittes. Es geht aus unseren Versuchen deutlich hervor, dass eine Rundkugel mit ihrem erheblichen Querdurchmesser eine stärkere Seitenwirkung hat, als das cylindro-konische Geschoss bei derselben Geschwindigkeit im Momente des Auftreffens. Je mehr Theilchen mit einander getroffen werden, desto gewaltiger pflanzt sich auch der erste Anstoss, auf welchem die Sprengwirkung beruht, nach allen Seiten hin fort und zwar in festen sowohl als flüssigen Theilen. Die Durchschlagskraft wird von dem Querdurchmesser in umgekehrtem Sinne beeinflusst. Sie beruht nicht wie die Sprengkraft in dem einmaligen, sondern in dem fortwirkenden Stoss des Geschosses, welcher die Theilchen vor sich hertreibt und eine ganze Reihe von Theilchen nach einander aus ihrem Zusammenhange mit den Nachbartheilen losreisst. Auch dies gilt gleicherweise für feste und flüssige Theile, wie für letztere die Badkastenexperimente lehren.

Es ist also wünschenswerth, Geschosse von möglichst kleinem Querdurchmesser zu wählen. Das schweizerische Ordonnanzgeschoss hat einen Querdurchmesser von 1 cm, ist somit eines der kleinsten nach dieser Richtung. Und doch

dürfte ohne Schaden für den beabsichtigten Zweck der Erzielung von Kampfunfähigkeit der Querdurchmesser noch wesentlich reducirt werden. Jedenfalls sollte durch internationales Uebereinkommen ein Maximum des Querdurchmessers festgestellt werden. Es müsste dafür gesorgt werden, dass Geschosse wie die französischen Minié's mit 21,4 mm Durchmesser (Richter) nicht mehr zur Anwendung kommen. 10 mm sollte das Maximum des zulässigen Querdurchmessers sein oder, wenn man sich den gegebenen Verhältnissen anpassen will, 12 mm. Richter macht die Angabe, dass die Mitrailleusengeschosse der französischen Armee im Kriege 1870—71 lange nicht den erwarteten Schaden angerichtet hätten. Nach unseren Angaben wird man sich darüber nicht wundern. Der Querdurchmesser der Mitrailleuse ist blos 12,8, viel geringer, als bei der grössten Zahl der bei verschiedenen Armeen üblichen Kleingewehrgeschosse mit Ausnahme des Chassepot und Vetterli. Durch die bedeutende Länge von 40 mm des Mitrailleusengeschosses wird aber nur die Durchschlagskraft vermehrt, welche ja auch bei den Kleingewehren zur Erzeugung von perforirenden Kanalschüssen gross genug ist. Was die Technik an Belastung des Geschosses bei Abnahme des Querdurchmessers zuzufügen nöthig hat, das soll sie durch Vergrösserung des Längendurchmessers des Geschosses erzielen.

Wenn das specifische Gewicht und die Form des Geschosses einen wesentlichen Einfluss auf die Wirkungsweise ausüben, so kann schon um deswillen auch die Consistenz nicht gleichgültig sein. Denn wir haben bewiesen, dass bei der hochgradigen Geschwindigkeitsvermehrung selbst blosse Flüssigkeiten bei einer gewissen Dicke der zu durchsetzenden Schichten auf rein mechanische Weise Weichblei erheblich zu deformiren vermögen. Widerstände, wie Knorpel, welche bei geringerer Geschwindigkeit Bleigeschosse intact lassen, wirken ebenfalls bei über eine gewisse Grenze erhöhter Geschwindigkeit deformirend ein. Bei den stärksten Widerständen im menschlichen Körper, wie bei der Corticalis der grösseren Knochen, kommt die weitere Difformirung hinzu, welche die Erhitzung bis zur Schmelzung und das daherige Auseinanderspritzen des Bleies bedingt. Die Difformirung hat Zunahme des Querdurchmessers und im Verhältniss zu dieser Ver-

mehrung der Sprengkraft im Gefolge mit Abnahme der Durchschlagskraft. Die Experimente mit Kieselgefässen zeigen, dass bei einer Schichte, durch welche Kupfer durchschlägt, Blei in den Steinen stecken bleibt. Im Badkasten dringt das Kupfergeschoss bedeutend weiter im Wasser vor als das Weichbleigeschoss, ebenso Hartblei weiter als Weichblei. Dagegen wird — immer dieselbe Geschwindigkeit vorausgesetzt — ein wassererfülltes Blechgefäss gewaltsamer und ergiebiger auseinander gerissen von dem Blei als von Kupfer.

Kommt es vollends bis zur Schmelzung des Geschosses beim Anprall an harten Knochen, so verliert die Durchschlagskraft ausser der der Zunahme des Querdurchmessers proportionalen Abnahme noch den Theil, welcher durch die Abschmelzung von Partikeln dem Geschoss an Masse verloren gegangen ist. Die Sprengkraft dagegen nimmt entsprechend zu. Es ist unverkennbar, dass die Schüsse mit Rose'schem Metall auf normale Körpertheile, wo sie harte Knochen treffen, ausgedehntere Zerstörungen machen, selbst als das Blei. Wenn wir bei letzterem die Bedeutung der Schmelzung erheblich einschränken mussten, so müssen wir obigen Satz um so mehr betonen. Die Sprengkraft ist ja von dem specifischen Gewicht wenig beeinflusst, dagegen vermehrt das Absprengen von Partikeln des Geschosses die Zahl der Gewebstheilchen, welche den ersten Anstoss aufnehmen. Für Durchschlags- und Sprengkraft kommt der Theil der lebendigen Kraft übrigens in Abzug, welcher auf die Erhitzung des Geschosses verwendet wird.

Es ist den obigen Erörterungen zu entnehmen, dass Deformirung und vollends Schmelzung eines Geschosses die beabsichtigte Wirkung beeinträchtigt, und unnützer Weise die Gefahr der Verwundung um ein Erhebliches steigert. Es ist deshalb nothwendig, dass die Aufmerksamkeit derjenigen, welche eine humanere Art der Kriegsführung anzustreben berufen sind, auch der Frage nach der Consistenz der angewendeten Geschosse zugewendet werde. Es muss in dieser Richtung als ein nachahmenswerther Fortschritt begrüsst werden, dass in der schweizerischen Armee in neuester Zeit Hartblei (und zwar eine Legirung von 99,5% Blei, 0,5% Antimon) Verwendung findet. Unsere Ver-

suche thun dar, dass hier die Difformirung bei demselben Widerstand schon ein erheblich geringerer ist, als für das gewöhnliche Weichblei. Immerhin tritt sie, wenn auch in viel weniger nachtheiliger Form, schon bei Flüssigkeiten ein. Es sollte deshalb nach Legirungen gesucht werden, welche die Härte noch um ein Mehreres erhöhen, aber! ohne den Schmelzpunkt herabzusetzen. Ganz dem Bedürfniss entsprechend wäre die Anwendung von Kupfer. Dieses Metall lässt sich verhältnissmässig leicht verarbeiten, lässt sich ohne besondere Einrichtung (Treibspiegel) durch ein gezogenes Rohr hindurchführen und erfährt auch durch die härtesten Körpergewebe nur eine für seine Wirkung bedeutungslose geringe Abplattung, niemals eine Schmelzung.

Allerdings ist die Durchschlagskraft des Kupfers soweit derjenigen des Bleies nachstehend, als das specifische Gewicht desselben geringer ist, allein die fehlende Difformirung wiegt diesen Nachtheil mehr als auf und es kommt ja wie erwähnt derselbe bei der gegenwärtigen Geschossgeschwindigkeit nicht in Frage; auch das Kupfer besitzt auf jede in Betracht kommende Distanz bei den jetzigen Gewehr-Constructionen die nöthige Durchschlagskraft, um einen Menschen kampfunfähig zu machen.

Resumirend müssen wir den Fortschritten in der Technik der Kleingewehr-Construction die Aufgabe zuweisen, gezogene Rohre mit cylindro-konischen Geschossen zu verwerthen, welche letztere folgende Eigenschaften haben:

1. Möglichst geringen Querdurchmesser, unter 10 mm bei beliebigem Längendurchmesser.

2. Bedeutendere Härte als Blei, womöglich von dem Festigkeitscoëfficienten des Kupfers.

3. Höheren Schmelzpunkt als das jetzt übliche Blei.

Es ist dabei zulässig, hohes specifisches Gewicht zu benutzen, umsomehr, als dem entsprechend unter Wahrung der gleichen Masse das Volumen verringert werden kann. Dagegen sollte unbedingt darauf Bedacht genommen werden, nicht unnützer Weise die Geschwindigkeit des Geschosses über die jetzige Höhe zu vermehren. Denn wenn es richtig ist, dass gegenwärtig auf jede überhaupt noch für einen Kampf, resp. für einige Treffsicherheit in Betracht kommende

Distanz die modernen Geschosse mit einer Geschwindigkeit anlangen, um in den menschlichen Körper einzudringen, resp. einen Gegner kampfunfähig zu machen, so wäre eine Vermehrung der Geschwindigkeit in Zukunft nur dadurch motivirt, dass man Mittel fände, die Treffsicherheit bedeutend zu erhöhen, für viel grössere Distanzen zu gewährleisten. Dann sollte man durchaus die Ladung in der Weise modificiren, dass bei Nahgefechten mit Geschossen geringerer Geschwindigkeit geschossen würde.

Bern, am 6. October 1880.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.